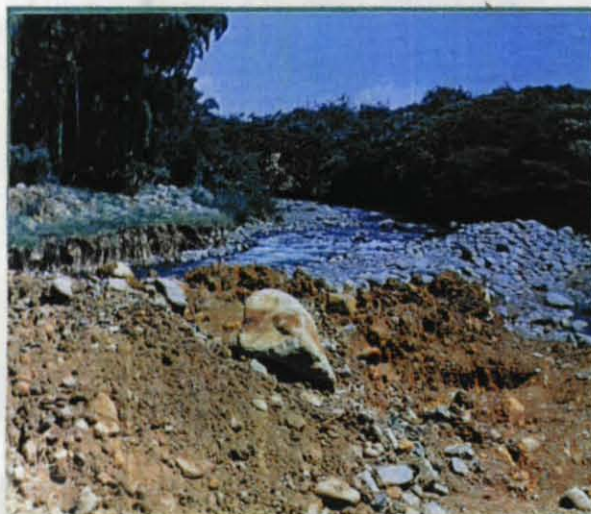
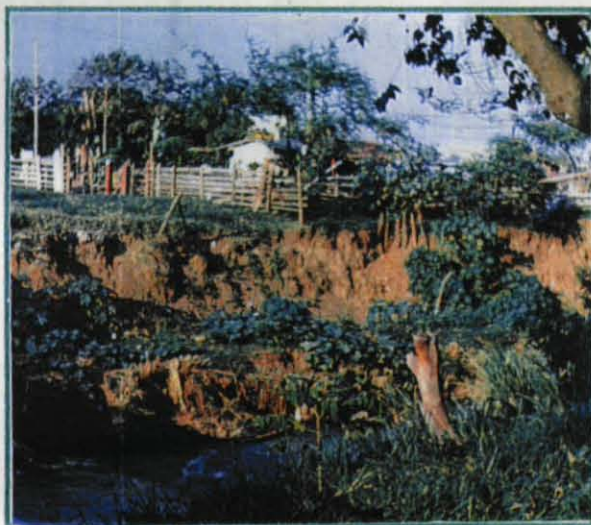
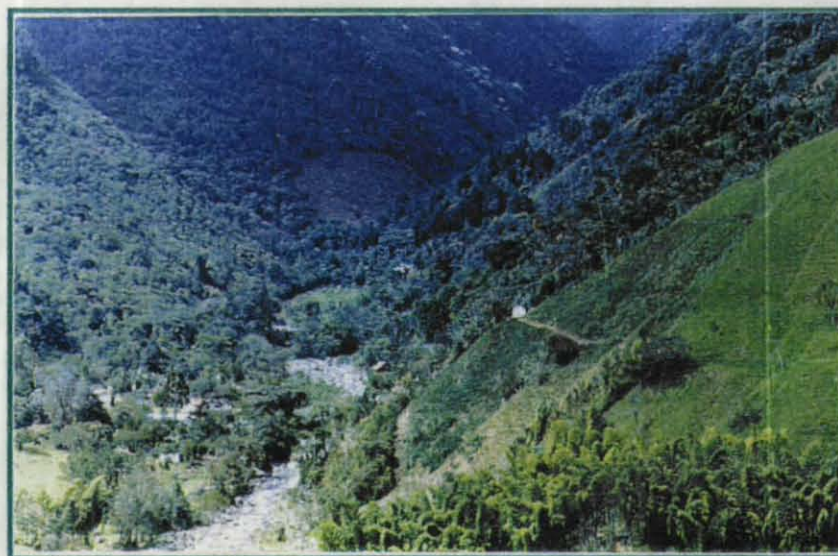




# INGESAM LTDA.

INGENIERIA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL

*Pioneros en la Protección Integral del Medio Ambiente  
Ingenieros Consultores*



## DAGMA

Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente

ESTUDIO DE ZONAS FRAGILES Y DE ALTO RIESGO EN LOS CAUCES  
Y RIBERAS DE LOS RIOS PANCE, LILI, MELENDEZ Y CALI EN LA ZONA  
URBANA Y SUBURBANA DEL MUNICIPIO DE CALI

**INFORME FINAL**

Santiago de Cali, marzo de 1997



**MUNICIPIO SANTIAGO DE CALI**

**DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE  
DAGMA**

**ESTUDIO DE ZONAS FRAGILES Y DE ALTO RIESGO EN LOS CAUCES  
Y RIBERAS DE LOS RIOS CALI, MELENDEZ, LILI Y PANCE EN LA ZONA  
URBANA Y SUBURBANA DEL MUNICIPIO DE CALI**

**INFORME FINAL**

**CENTRO DE DOCUMENTACION  
D A G M A  
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE  
TEL. 6605465-66 CALI**

**Preparado por  
INGESAM LTDA  
Ingenieros Consultores**

**Cali, Marzo de 1997**

**TABLA DE CONTENIDO****CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES DEL AREA EN ESTUDIO**

1. DEFINICION DEL AREA EN ESTUDIO	I-1
2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS CUENCAS	I-1
2.1 Río Cali	I-3
2.2 Río Meléndez	I-4
2.3 Río Lili	I-6
2.4 Río Pance	I-7

**CAPITULO II. CARACTERIZACION DEL AREA DEL ESTUDIO**

1. CARACTERIZACION GEOLÓGICA	II-1
1.1 Estudios Geológicos Básicos	II-1
1.2 Estratigrafía	II-3
1.2.1 Formación Volcánica (Kv)	II-3
1.2.2 Stock de Pance (Tgp, Tdp, Tpp)	II-5
1.2.3 Formación Chimborazo (TPc)	II-6
1.2.4 Formación Guachinte (TOg)	II-6
1.2.5 Formación Ferreira (TOf)	II-7
1.2.6 Formación Jamundí (TQj)	II-8
1.2.7 Depósitos Cuaternarios (Qco, Qca, Qd, Qal)	II-8
1.3 Geología Estructural	II-9
1.4 Suelos	II-13
1.5 Geología Histórica	II-14
1.6 Yacimientos Minerales	II-16
1.7 Mapas Geológicos	II-16
2. TOPOGRAFIA - PENDIENTES DEL TERRENO	II-17

2.1 Río Cali.	II-18
2.2 Río Meléndez	II-18
2.3 Río Lili	II-19
2.4 Río Pance	II-20
2.5 Mapas de Pendientes	II-20
3. PROCESOS EROSIVOS	II-20
3.1 Río Cali	II-24
3.2 Río Meléndez	II-25
3.3 Río Lili	II-26
3.4 Río Pance	II-26
3.5 Mapa de Procesos Erosivos	II-27
4. HIDROLOGIA	II-27
4.1 Morfología	II-27
4.2 Precipitación	II-30
4.2.1 Tendencia General de la Precipitación	II-30
4.2.2 Precipitaciones Máximas Diarios.	II-35
4.2.3 Precipitación Media Anual	II-35
4.3 Caudales	II-37
4.3.1 Caudales Medios Mensuales	II-37
4.3.2 Caudales Extremos Históricos	II-40
4.4 Areas de Inundación	II-45
4.4.1 Inundación en Cuenca Montañosa	II-45
4.4.2 Inundación en Valles	II-45
4.4.3 Inundación en Llanuras	II-46
4.4.4 Historial de Inundación, Crecientes y Avalanchas	II-47
5. USOS DEL SUELO	II-51
5.1 Río Cali	II-52
5.2 Río Meléndez	II-54



5.3 Río Lili	II-55
5.4 Río Pance:	II-56

### **CAPITULO III.METODOLOGIA PARA LA IDENTIFICACION, EVALUACION Y ANALISIS DE RIESGOS**

1. EVALUACION DE LA AMENAZA	III-1
1.1 Amenaza por movimientos masales	III-2
1.2 Amenaza por Inundación	III-6
2. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD	III-8
3. EVALUACION DEL RIESGO	III-9

### **CAPITULO IV.RESULTADOS DE LA EVALUACION**

1. RIO CALI	IV-1
1.1 Evaluación de la Amenaza	IV-1
1.1.1 Amenaza Masal	IV-1
1.1.2 Amenaza por Inundación	IV-4
1.2 Análisis de la Vulnerabilidad	IV-5
1.3 Evaluación del Riesgo	IV-7
1.3.1 Riesgo por Movimiento Masal	IV-7
1.3.2 Riesgo por Inundación	IV-8
2. RIO MELÉNDEZ	IV-9
2.1 Evaluación de la Amenaza.	IV-9
2.1.1 Amenaza Masal	IV-9
2.1.2 Amenaza por Inundación.	IV-11
2.2 Análisis de Vulnerabilidad.	IV-12
2.3 Evaluación del Riesgo.	IV-13

2.3.1 Riesgo por Movimiento Masal.	IV-13
2.3.2 Riesgo por Inundación.	IV-14
3. RIO LILI	IV-15
3.1 Evaluación de la Amenaza.	IV-15
3.1.1 Amenaza Masal.	IV-15
3.1.2 Amenaza por Inundación.	IV-16
3.2 Análisis de Vulnerabilidad.	IV-17
3.3 Evaluación de Riesgo	IV-17
3.3.1 Riesgo por Movimiento Masal.	IV-17
3.3.2 Riesgo por Inundación.	IV-18
4. RIO PANCE.	IV-19
4.1 Evaluación de la Amenaza.	IV-19
4.1.1 Amenaza Masal.	IV-19
4.1.2 Amenaza por Inundación.	IV-21
4.2 Análisis de Vulnerabilidad.	IV-22
4.3 Evaluación del Riesgo.	IV-24
4.3.1 Riesgo por Movimiento Masal.	IV-24
4.3.2 Riesgo por Inundación.	IV-25

## **CAPITULO V - PROPUESTAS PARA LA MITIGACION Y RECUPERACION DE ZONAS DE ALTO RIESGO**

1. RIO CALI	V-1
2. RIO MELENDEZ	V-3
2.1. Zona Suburbana y Corregimiento de La Buitrera	V-4
2.2. Zona Urbana	V-4
3. RIO LILI	V-6
4. RIO PANCE	V-8

**INDICE DE TABLAS**

**CUADRO No.**

**DESCRIPCION**

II-1	CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LAS CUENCAS DE LOS RIOS CALI, MELENDEZ, LILI Y PANCE.
II-2	CLASIFICACION DE LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS SEGUN EL AREA.
II-3	FORMA DE LAS CUENCAS EN FUNCION DEL INDICE DE FORMA
II-4	PRECIPITACION MEDIA ANUAL MULTIANUAL 1983 - 1994. ESTACIONES MUNICIPIO DE CALI.
II-5	CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS DEL RIO CALI ESTACION BOCATOMA DE SAN ANTONIO
II-6	CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ESPERADOS EN EL RIO CALI BOCATOMA ACUEDUCTO DE SAN ANTONIO.
II-7	CAUDALES MAXIMOS DE EL RIO CALI DESPUES DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO AGUACATAL.
II-8	REVISION DE INFORMACION SOBRE CRECIENTES Y AVALANCHAS EN EL RIO CALI.
III-1	CALIFICACION DE LAS VARIABLES Y VALORACION DE LOS FACTORES DE EVALUACION DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS MASALES.
III-2	CALIFICACION DE AMENAZA POR INUNDACION
III-3	GRADOS DE AMENAZA
III-4	CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD
III-5	INTERRELACION DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD PARA LA OBTENCION DEL RIESGO
III-6	CRITERIOS DE CALIFICACION PARA ZONIFICACION DEL RIESGO.
V-1	PROPUESTAS PARA MITIGACION DEL RIESGO EN EL CAUCE DEL RIO CALI.



5. COSTOS APROXIMADOS DE LAS OBRAS DE MITIGACION	V-11
5.1. Obras Río Cali	V-11
5.2. Obras Río Meléndez y Lili	V-11
5.3. Obras Río Pance	V-12

**INDICE DE TABLAS**

<b>CUADRO No.</b>	<b>DESCRIPCION</b>
V-2	PROPUESTAS PARA MITIGACION DEL RIESGO EN EL CAUCE DEL RIO MELENDEZ
V-3	PROPUESTAS PARA MITIGACION DEL RIESGO EN EL CAUCE DEL RIO LILI
V-4	PROPUESTAS PARA MITIGACION DEL RIESGO EN EL CAUCE DEL RIO PANCE

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	DESCRIPCION
I-1	LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DEL ESTUDIO O DE ZONAS FRÁGILES Y DE ALTO RIESGO EN LOS CAUCES Y RIBERAS DE LOS RÍOS PANCE, LILI, MELENDEZ Y CALI EN LA ZONA URBANA Y SUBURBANA DEL MUNICIPIO SANTIAGO DE CALI.
II-1	LOCALIZACION DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS
II-2	CURVA DE VARIACION MENSUAL DE LA PRECIPITACION ESTACION RIO CALI.
II-3	CURVA DE LA VARIACION MENSUAL DE LA PRECIPITACION ESTACION MONTEBELLO.
II-4	CURVA DE LA VARIACION MENSUAL DE LA PRECIPITACION ESTACION SAN JUAN BOSCO.
II-5	CURVA DE LA VARIACION MENSUAL DE LA PRECIPITACION ESTACION LA FONDA.
II-6	CURVA DE LA VARIACION MENSUAL DE LA PRECIPITACION ESTACION UNIVALLE.
II-7	CURVA DE LA VARIACION MENSUAL DE LA PRECIPITACION ESTACION PLANTA RIO CAUCA.
II-8	CURVAS DE VARIACION MENSUAL DE CAUDAL PARA EL RIO PANCE. ESTACION COMFAMILIAR.
II-9	CURVAS DE VARIACION MENSUAL CAUDALES RIO LILI, ESTACION CAÑASGORDAS.
II-10	CURVA DE VARIACION ESTACIONAL. RIO MELENDEZ ESTACION CALLE 5ª.
II-11	CURVAS DE VARIACION ESTACIONAL RIO CALI. ESTACION BOCATOMA.
II-12	VALORES MEDIOS Y EXTREMOS HISTORICOS DE CAUDAL. ESTACION CAÑASGORDAS.
II-13	VALORES MEDIOS Y EXTREMOS HISTORICOS DE CAUDAL.



---

INDICE DE FIGURAS

---

FIGURA No.	DESCRIPCION
	ESTACION BOCATOMA.
II-14	VALORES MEDIOS Y EXTREMOS HISTORICOS DEL CAUDAL RIO MELENDEZ. ESTACION CALLE 5ª.
II-15	VALORES MEDIOS Y EXTREMOS HISTORICOS DE CAUDAL RIO PANCE. ESTACION COMFAMILIAR.
II-16	ACUMULATIVO DE LAS INUNDACIONES (1950 - 1993)
II-17	INUNDACIONES MENSUAL MULTIANUAL (1950 - 1993)

## INTRODUCCION

Los Ríos Pance, Lili, Melendez y Cali constituyen un recurso natural de gran importancia para los habitantes de la zona urbana y suburbana del Municipio de Cali, como elementos propios del entorno paisajístico, como escenarios para la recreación pasiva y activa o como fuentes de aporte hídrico para diferentes usos, incluido el consumo doméstico.

El acelerado crecimiento urbanístico experimentado por la ciudad durante las décadas de los 70 y 80, agravado por factores tales como la falta de una verdadera conciencia ambiental y el incumplimiento de la reglamentaciones existentes, ha ocasionado un acelerado proceso de deterioro en las cuencas de dichos ríos, particularmente en sus partes media y baja, donde la acción antrópica ha tenido un mayor grado de intensidad.

Actividades como la construcción urbanística dentro del área forestal protectora, la deforestación de los bosques a lo largo de las cuencas, los vertimientos de residuos industriales y domésticos sin ningún tipo de tratamiento y el cambio de curso de las corrientes, han producido la degradación de los cauces y riberas de dichos ríos, al grado que se observa hoy en día.

Los impactos originados por estas acciones han sido, por lo general, de magnitud e importancia considerable. Eventos como las crecientes ocurridas en el Río Pance en Octubre de 1972 y en Septiembre de 1988, en el Río Lili en Abril de 1993 y Mayo de 1994, y en el Río Cali en Junio de 1984, las cuales dieron origen a procesos físicos conexos tales como avalanchas, represamientos, deslizamientos, erosión de las márgenes e inundaciones, cobraron varias vidas humanas y ocasionaron cuantiosos daños tanto en propiedades privadas, como en la misma infraestructura de protección de los ríos.

Consciente de esta situación y de la responsabilidad que le compete dentro del reordenamiento del sector ambiental de la ciudad de Cali, el DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE - DAGMA, programó dentro de sus proyectos ambientales, la realización del "Estudio de las Zonas Frágiles y de Alto Riesgo en el Cauce y Riberas de los Ríos Pance, Lili, Melendez y Cali en la Zona Urbana y Suburbana del Municipio de Cali", el cual fue contratado con la Firma Consultora INGESAM LTDA.

El presente documento corresponde al Informe Final del Estudio, cuyos objetivos específicos son los siguientes:

- Determinar los sitios de los Ríos Pance, Lili, Melendez y Cali, que por sus características geotectónicas, ecológicas y sociales puedan considerarse como zonas frágiles y/o de alto riesgo ambiental.
- Clasificar y mapificar las diferentes zonas de riesgo, de acuerdo a su efecto sobre el medio, en aspectos tales como inundación, derrumbe, deslizamiento, avalancha, erosión de márgenes y represamiento.
- Determinar las zonas de extracción de materiales de construcción y los puntos de disposición de desechos sólidos y escombros.
- Formular las recomendaciones técnicas sobre las obras que se requieran para recuperar y proteger los cauces y riberas de los ríos.

El Informe está conformado por el Resumen Ejecutivo, cinco (5) Capítulos identificados con los números romanos del I al V y un volumen Anexo de Planos.

El Resumen Ejecutivo tiene como objetivo dar a conocer de una manera clara y concisa la información y resultados del Estudio, incluyendo la evaluación de las amenazas, el análisis de vulnerabilidad y la evaluación de los riesgos, lo mismo que la formulación de las obras necesarias para mitigar los riesgos identificados.



En el primer Capítulo se identifica el área de influencia del Estudio y se presenta una descripción general de las características más importantes de las cuencas de los ríos Cali, Melendez, Lili y Pance.

El segundo Capítulo contiene una pormenorizada caracterización de los factores físicos y ambientales de cada cuenca, realizada a partir de información secundaria obtenida de diferentes fuentes y complementada con verificaciones efectuadas directamente en el terreno. Esta caracterización permitió construir una serie de mapas temáticos, utilizados posteriormente como insumo en el proceso de evaluación de las amenazas y análisis de la vulnerabilidad.

En el Capítulo tercero se presenta la descripción de la metodología de evaluación seguida para determinar los riesgos en los cauces y riberas de los ríos en estudio.

El Capítulo cuarto contiene los resultados del Estudio, los cuales se presentan independientemente para cada río, con el fin de dar una mayor claridad. Los resultados se refieren a la evaluación de la amenaza por movimientos masales e inundación, análisis de la vulnerabilidad y evaluación del riesgo por movimientos masales e inundación.

En el Capítulo V, se presentan las propuestas de tipo estructural requeridas para la recuperación, protección y conservación de los cauces y riberas de los ríos Cali, Melendez, Lili y Pance, incluyendo un estimativo preliminar de los costos de inversión.

A final del Informe se incluye la bibliografía consultada para la preparación del Estudio , y un Glosario de términos.

Conjuntamente con el presente Informe, se adjunta un Anexo de Planos, donde se incluyen, además de los mapas temáticos, los planos de amenaza, vulnerabilidad, riesgo y de localización de las obras de recuperación y protección propuestas, además, de un anexo fotográfico.

## **CAPITULO I**

### **ASPECTOS GENERALES DEL AREA EN ESTUDIO**

#### **1. DEFINICION DEL AREA EN ESTUDIO**

El área en estudio está localizada en jurisdicción del Municipio de Cali, abarcando el sector suburbano y urbano de la ciudad, a lo largo de las vertientes de los ríos Cali, Meléndez, Lili y Pance. El plano de la Figura No. I-1 muestra la localización del área, objeto del presente Estudio.

Como se enunció en el Informe de Diagnóstico Ambiental, dicha área se encuentra en una zona propicia para la ocurrencia de eventos catastróficos que se pueden generar en diferentes grados de importancia tales como inundaciones, deslizamientos, avalanchas, sismos, movimientos masales, eventos antrópicos, etc. que afectan principalmente los asentamientos humanos de lado y lado de las riberas, caracterizados por contar con construcciones poco técnicas.

#### **2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS CUENCAS**

Desde la cordillera occidental los principales drenajes urbanos comprenden, de sur a norte, los ríos Pance, Lili, Meléndez y Cali. Todos ellos al llegar al valle del Río Cauca, forman extensos depósitos en forma de conos, sobre los cuales se ha emplazado la urbe.

La intervención sobre los drenajes, inicialmente concentrada en el río Cali, se extendió a quebradas menores desde los años 1930, a medida que la ciudad fue creciendo. De los espacios para el disfrute colectivo de las aguas hoy sólo quedan reductos en los ríos Cali

y Pance, mientras que en el área urbana, con la excepción de algunos tramos del Cali, Meléndez y Lili, se ha reducido a canales con muy pocos atractivos paisajísticos.

## 2.1 Río Cali

La cuenca del río Cali se halla al noroccidente del municipio, se extiende desde la divisoria de aguas con el Pacífico, hasta su desembocadura en el río Cauca; está conformada por las subcuencas de los ríos Pichindé, Felidia y Cabuyal. Se caracteriza por relieve alto, con colinas alargadas, de cimas afiladas y paralelas, pendientes fuertes (45% - 60%), vertientes asimétricas y lisas; la red de drenaje cambia de subparalela a subangular, con valles en "V", desarrollados sobre diabasas y depósitos fluviotorrenciales (en Bellavista y Terrón Colorado). El Cali es el río más importante que cruza la ciudad de Santiago de Cali. Es fuente de agua potable, de generación eléctrica y sirve como drenaje de aguas lluvias y servidas de buena parte de la ciudad, con un caudal promedio de 4 m<sup>3</sup>/seg. El río tiene un cauce único, poco sinuoso, con barras fijas de material no cohesivo; algunas barras son de punta y otras localizadas en tramos rectos. En la sección transversal presenta tendencia, a largo plazo, de profundizar su cauce de aguas mínimas y depositar material en las barras, produciendo un efecto de socavación y relleno en la misma sección; la acumulación de material en las barras favorece la socavación en el resto de la sección, poniendo en peligro la estabilidad de los muros construidos.

El aprovechamiento poco planificado de la cuenca ha repercutido en el trazado de su cauce, tornándolo inestable, con grandes variaciones en sus caudales, desde casi 10 l/s en verano, a 200 m<sup>3</sup>/s en invierno; al incrementarse el caudal aumenta la velocidad y, con ella, el poder erosivo del río; por esta razón, durante las crecientes se produce profundización de fondo, alcanzando los mayores valores en las curvas. La profundización no es permanente y una vez que pasa la creciente la zona socavada tiende a rellenarse nuevamente, aunque no plenamente.

Lo estrecho del cauce ha ocasionado que sitios importantes de las vías adyacentes se afecten por los desbordamientos e inundaciones con las consecuentes excavaciones laterales y de fondo

Tiene una superficie de 12352 Ha, conformada por las subcuencas de los ríos Pichindé, Felidia y Cabuyal, Limita: al norte con el municipio de Dagua, al oriente con la zona urbana (comuna 1) y la cuenca del río Cañaveralejo, al sur con las cuencas de los ríos Meléndez y Pance y al occidente con el municipio de Buenaventura.

Esta cuenca posee la mayor extensión con respecto a los demás ríos. Su vegetación esta relacionada con la altitud donde se encuentra, correspondiente a bosque húmedo, bosque de niebla y vegetación del páramo. Entrega al río Cauca, después de recibir el río Aguacatal y cruzar la ciudad desde el occidente hasta el norte.

## **2.2 Río Meléndez**

El río Meléndez nace en el sector La Corea, localizado sobre la vertiente oriental de la Cordillera Occidental. Está entre las subcuencas de los ríos Cañaveralejo y Lili, con una longitud aproximada de 25 km. donde se localizan los corregimientos de La Buitrera, Villacarmelo y parte del corregimiento de Los Andes. Atraviesa la zona sur de Cali para entregar al canal interceptor sur (antiguamente conocido como Canal CVC Sur)<sup>1</sup>

Sus linderos naturales son al norte con la divisora de aguas del río Cañaveralejo; al sur con la divisoria del río Pance; al occidente con la cima de los farallones de Cali y al oriente, con el perímetro urbano del municipio de Santiago de Cali.

---

<sup>1</sup> Originalmente, el río Meléndez fue un afluente del río Cauca. Sin embargo, con la construcción del canal Interceptor Sur (Canal CVC- Sur) el cauce del río fue interceptado, obligándolo a entregar sus aguas al Canal.

Esta cuenca muestra buena protección forestal desde su nacimiento hasta cerca de la Base Militar de Polvorines; a partir de allí su margen derecha es la más intervenida por la construcción de viviendas y clubes privados.

En el pasado sirvió como sitio de recreo y fuente para generación hidroeléctrica; antes de su entrada a la parte urbana de la ciudad presenta aguas de excelente calidad, las cuales se usan para el Acueducto de La Reforma. A partir de la bocatoma en La Fonda, y pasando por la Base de Polvorines hasta la Calle 5, el río recibe aguas servidas, basuras y escombros vertidos por viviendas y explotaciones agropecuarias a lo largo de su recorrido. A partir de la Calle 5 hasta los asentamientos de La Vega y La Playa, se rompe el ecosistema del río, con predominio de viviendas y construcciones invadiendo sus zonas protectoras de aguas, contribuyendo a llenar su cauce con escombros y basuras, constituyéndose en zona de alto riesgo. Después de este sitio y hasta la Avenida Simón Bolívar, el río conserva su zona protectora de aguas aunque intervenida por la construcción de un jarillón. Después de su cruce con la Autopista Simón Bolívar, el río se desplaza por entre tierras de uso agrícola, hoy en trance de urbanizarse; En la Carrera 80 entre Calles 13C y 14C se ha estrechado su cauce al utilizar el sector como botadero de escombros. A continuación del cruce con la Autopista Simón Bolívar, se presenta erosión de fondo y socavación en el puente y, hacia aguas abajo, erosión de márgenes; el río muestra canalizaciones y recibe aguas de obras de drenaje reguladas, especialmente a la altura de los barrios El Ingenio y El Caney; El río desaparece como tal cuando es captado por el Canal Sur, con alteración de su curso en su parte más baja. Este canal vierte por gravedad al río Cauca.

En el río Meléndez existen explotaciones de canteras moderadamente activas, las cuales constituyen inestabilidad potencial en algunas zonas de la parte alta de la cuenca.

La cuenca del río Meléndez posee una superficie de 3832 Ha., lo que permite catalogarla como una cuenca pequeña.

### 2.3 Río Lili

La cuenca del río Lili constituye la tercera del Estudio, en sucesión norte - sur; el curso del río tiene longitud aproximada de 15 kilómetros, del cual su parte media tiene un carácter esencialmente minero, desde el "Callejón de La Colina" hasta el puente que sirve de entrada a la Parcelación "La Riverita"; sus aguas sufren alta contaminación por los escombros arrastrados y depositados durante las crecientes, además de las aguas residuales de viviendas que se han establecido en la cuenca; es común la invasión de la zona forestal protectora de aguas por escombros, así como por el uso residencial, de institutos educativos y de varios clubes. Desde aquí hasta la Carrera 102, sus márgenes han sido incorporadas no como linderos entre los predios, sino como parte integrante de ellos. Luego, hasta la Carrera 102 con Calle 21, la zona forestal ha sido respetada como sitio paisajístico y de protección; desde aquí hasta la vía Cali - Jamundí se ha establecido un asentamiento subnormal autonombrado "Caserío Lili", como una cinta a lo largo de 200 m. de su curso, recibiendo la tala de su escasa vegetación protectora y los residuos producidos por los moradores. A partir de este sitio el río ha perdido su uso para el público, pues sirve de lindero a cultivos de caña; el corte de la vegetación de la zona forestal protectora ha ocasionado erosión en los taludes de sus márgenes.

Las antiguas partes bajas del río Lili se han secado de manera natural, pero se han utilizado como botaderos de escombros y basuras. Luego de recibir descargas de aguas lluvias y servidas, lo mismo que escombros, a su paso por la ciudad, su curso se alteró y se desvió al Canal Interceptor Sur, en donde el ecosistema río desaparece para ser reemplazado por el de canal de aguas lluvias y residuales; este canal vierte por gravedad al río Cauca.

Hasta la construcción del Canal Interceptor Sur, el río Lili fue el mayor afluente del río Meléndez, con aproximadamente 15 km. de curso, y una extensión de 1667 Ha. Se constituye como la segunda cuenca en sucesión Sur-Norte en el Municipio, con conexión directa al Canal Interceptor Sur el cual desemboca en el río Cauca, en el sector de El Estero.

En su parte media, la cuenca se caracteriza por su acentuado carácter minero, principalmente por la explotación del carbón. Ya en su parte baja, cambia totalmente de uso, observándose concentración poblacional con fines residenciales.

## **2.4 Río Pance**

La cuenca del río Pance comprende desde la divisoria de aguas de los Farallones de Cali y se extiende hacia el este, dentro del cauce del río Pance, hasta su desembocadura en el río Jamundí. La litología predominante es diabasas y algunas intrusiones dioríticas de poca extensión. Se presentan pendientes altas, con cerros cortados abruptamente, con pendientes verticales; el drenaje cambia de rectangular a paralelo con control estructural y muestra valles en "V".

El río Pance es el más alejado del perímetro urbano, pero constituye el de mayor caudal, con 2.59 m<sup>3</sup>/seg., medido en la estación de Comfamiliar; desemboca en el río Jamundí después de recoger las aguas de escorrentía de su cuenca alta, lo mismo que del Parque de la Salud, clubes sociales, viviendas y sectores aledaños a La Umbria y La Viga, siendo interés principal el que sirve de sitio de recreación a los habitantes de la ciudad, a la vez que constituye una gran reserva de agua potable para la ciudad.

El río presenta crecientes periódicas, originadas por las fuertes lluvias que se generan en su cuenca. Debido a la fragilidad de los suelos residuales, se presentan riesgos por deslizamientos masales y derrumbes de taludes que afectan la calidad de sus aguas y, en varias ocasiones, han interferido su libre curso con represamientos; éstos, unidos a la alta capacidad de arrastre de escombros (debida a su torrencialidad), después de cada creciente producen flujos de lodos, cantos y palos con riesgo de avalanchas, afectando las edificaciones y obras construidas en el cono, ( FOTOGRAFIAS P 8 Y P 9 ), especialmente en el Sector de La Vorágine y La Viga. El tramo entre el sitio de "La Playita" hasta la Estación de Policía en "Chorro de Plata" constituye el sitio preferido para las actividades de recreación de los habitantes de la ciudad. La zona forestal protectora de

En cuanto a riesgos de inundación, son mayores que los riesgos por movimientos masales. Así por ejemplo, para el área del Parque de la Salud y zonas aledañas, el riesgo por movimientos masales era medio y bajo, pero es alto cuando la amenaza es una inundación. Esto debido a que la probabilidad de que ocurra un desbordamiento del río es mayor que la que se espera para que ocurra un movimiento de suelos. La localización inundable de estas áreas, al ocupar los 30 m. de protección del río, las hace más propensas al fenómeno.

Este problema se replica en otros dos sectores donde ocurren desbordamientos con un período de retorno de 1:2 años. En el área cercana al Club Deportivo Cali y en la margen derecha del río, hasta la calle 25, el riesgo por inundación es alto. La intervención que se da en el cauce del río mediante la construcción de puentes y ocupación de las orillas, entre otros factores, es causa de riesgos.



## **RESUMEN EJECUTIVO**

Consiente de la situación que presentan actualmente los ríos de la ciudad a consecuencia del acelerado proceso de deterioro de sus cuencas, particularmente en sus partes media y baja donde la acción antrópica ha tenido un mayor grado de intensidad, y de la responsabilidad que le compete dentro del reordenamiento del sector ambiental, el DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE - DAGMA, programó dentro de sus proyectos ambientales, la realización del "Estudio de las Zonas Frágiles y de Alto Riesgo en el Cauce y Riberas de los Ríos Pance, Lili, Melendez y Cali en la Zona Urbana y Suburbana del Municipio de Cali".

El Estudio tiene como objetivo general, la realización de una evaluación del cauce y riberas de los ríos Pance, Cali, Melendez y Lili en su recorrido por el área urbana y suburbana del municipio de Santiago de Cali, para determinar las zonas frágiles y de alto riesgo ambiental y producir las recomendaciones técnicas puntuales necesarias para la recuperación y protección de los mismos y de los asentamientos humanos aledaños a los ríos.

El presente Resumen Ejecutivo tiene como objetivo dar a conocer de una manera clara y concisa la información básica y resultados del Estudio, incluyendo la identificación del área de estudio, los factores considerados en la evaluación de las amenazas y el análisis de vulnerabilidad, tales como caracterización geológica, pendientes del terreno, procesos erosivos, hidrología y usos del suelo y la evaluación de los riesgos, lo mismo que la formulación de las obras necesarias para mitigar los riesgos identificados.

### **1. OBJETIVOS ESPECIFICOS DEL ESTUDIO.**

Teniendo en cuenta el objetivo general del Estudio, el DAGMA definió los siguientes objetivos específicos que se pretenden alcanzar con la ejecución del mismo:

- Determinar los sitios de los Ríos Pance, Lili, Melendez y Cali, que por sus características geotectónicas, ecológicas y sociales puedan considerarse como zonas frágiles y/o de alto riesgo ambiental.
- Clasificar y mapificar las diferentes zonas de riesgo, de acuerdo a su efecto sobre el medio, en aspectos tales como inundación, derrumbes, deslizamientos, avalanchas, erosión de márgenes y represamiento.
- Determinar las zonas de extracción de materiales de construcción y los puntos de disposición de desechos sólidos y escombros.
- Formular las recomendaciones técnicas sobre las obras que se requieran para recuperar y proteger los cauces y riberas de los ríos.

## **2. METODOLOGIA PARA LA ELABORACION DEL ESTUDIO**

Teniendo en cuenta los objetivos y alcances del Estudio, éste se adelantó en tres etapas sucesivas, pero en continua retroalimentación.

La primera etapa del Estudio consistió en la preparación de un diagnóstico del área de influencia de los ríos en la zona urbana y suburbana de la ciudad, consistente en la identificación, descripción y cuantificación de los componentes ambientales que caracterizan su entorno, desde el punto de vista físico, ecológico y socio-económico.

La metodología seguida para la realización del diagnóstico consistió en una revisión y recopilación de información secundaria, obtenida de diferentes Estudios e Informes Técnicos adelantados por diferentes Entidades del orden regional y municipal. Entre dichas entidades merecen mencionarse la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), INGEOMINAS, ECOCARBON, el Observatorio Sismológico del Sur Occidente (OSSO), el Departamento Administrativo de Gestión Ambiental (DAGMA), el Departamento Administrativo de Planeación Municipal de Cali y la

Subsecretaría de Emergencias y Desastres, dependiente de la Secretaría de Gobierno Municipal de Cali.

A partir de la información secundaria recopilada, se procedió a elaborar los mapas o cartas temáticas, que incluyeron: Pendientes del Terreno, Geología Superficial, Usos del Suelo, Erosión, Intensidad Máxima de Lluvias en 24 horas y Precipitación Media Anual. Estos mapas temáticos constituyen la base para la elaboración de los mapas sintéticos de amenaza y vulnerabilidad.

La segunda etapa del Estudio consistió en la identificación, evaluación y análisis de riesgos, lo que conlleva tres actividades a saber: La evaluación de la amenaza, el análisis de vulnerabilidad y la estimación del riesgo, como resultado de correlacionar los dos parámetros anteriores. Para la realización de esta etapa se adoptó la metodología propuesta por el PNUD en el Proyecto COL.85-010. (Manejo Integral de Actividades de Prevención y Atenuación de Emergencias. Metodología para la Identificación y Evaluación Preliminar de la Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo), con las modificaciones propuestas por la Firma JHL Ingenieros Ltda. en el Estudio de Riesgos de la Comuna 19 de Cali, elaborado para Planeación Municipal de Cali. Como resultado de la aplicación de esta metodología, se elaboraron los planos sintéticos de amenaza masal, amenaza por inundación, vulnerabilidad, riesgo por movimientos masales y riesgo por inundaciones.

La etapa final del Estudio consistió en la formulación del Plan de Recuperación para la reducción de riesgos, el cual se refiere exclusivamente a la formulación de medidas de carácter estructural que deban aplicarse para la recuperación, protección y conservación de las riberas y cauces de los ríos Pance, Lili, Melendez y Cali.

### **3. RESULTADOS DEL ESTUDIO**

Los principales resultados obtenidos en el Estudio, se resumen a continuación:

### **3.1 Río Cali.**

#### **3.1.1 Evaluación de Amenazas.**

En las riberas y cauce del río Cali se puede observar un grado de amenaza masal bajo para las zonas de bosque secundario joven y zonas residenciales formales, que corresponden a la mayoría de la zona en estudio del río Cali. El grado de amenaza masal medio se presenta hacia la parte alta suburbana, debido a la asentamientos subnormales, precipitación alta, zona de erosión, mayores pendientes.

En cuanto al grado de amenaza masal muy baja, se presenta en zonas aisladas, donde se encuentran pocas zonas residenciales formales, bosque secundario joven, intensidad de lluvias y precipitación relativamente bajas.

En lo que respecta a la amenaza por inundación, el río se desborda a la altura del puente de la Av. 7ª oeste (portada al mar) por ambas márgenes, para caudales superiores a 200 m<sup>3</sup>/s, que corresponden a un período de retorno de 2 a 25 años; este desbordamiento llega hasta un poco antes del Puente Ortiz. Considerando estos periodos de retorno, la amenaza por inundación en este sector se considera alta.

A partir del Puente Ortiz y hasta el puente de la calle 26, la probabilidad de ocurrencia de inundación y por lo tanto la amenaza de este evento es media, para caudales con un período de retorno entre 25 y 100 años.

Entre el puente de la calle 26 y el de la calle 70, el río se sale de su cauce cuando presenta caudales con un período de retorno entre 2 y 25 años. La situación es particularmente crítica en el tramo entre las calles 44 y 56, debido a la presencia de los asentamientos subnormales de La Isla y Camilo Torres. A partir de la Calle 70 y hasta la confluencia con el río Cauca la amenaza de inundación es muy alta, pues el río se sale del

cauce con caudales para un período de retorno de 2 años, principalmente en el llamado corredor de Floralia.

El sitio de la Bocatoma de San Antonio merece especial atención, por el represamiento que se causa para la captación del agua. Es un sitio que puede dar origen a una avalancha, que produciría desprendimiento de terreno y arrastre de materiales como palos y basura. Por otra parte, la mayoría de los puentes a lo largo del río, especialmente el puente de la calle 7ª oeste (portada al mar) y los puentes aledaños al CAM, son puntos críticos de represamiento del río, ya que estrechan considerablemente su cauce, aumentando la amenaza por desbordamiento y avalanchas.

### **3.1.2 Análisis de Vulnerabilidad.**

Las zonas más vulnerables de las riberas del río, corresponden a tres asentamientos subnormales. El primero es el llamado Bajo Palermo, localizado a la altura del kilómetro 2 de la vía al mar; las casas están construidas con materiales poco confiables, debido al escaso nivel económico de sus habitantes, que no conciben la idea de una reubicación. Por el contrario, esta zona tiende a expandirse cada día más, sin ninguna norma que impida su acelerado crecimiento. El segundo asentamiento corresponde a los barrios La Isla y Camilo Torres. Este sector debe concentrar la mayor preocupación por parte de entidades ambientales ya que abarca un considerable tramo del río Cali que deteriora e irrespeta la zona de protección del mismo; a pesar de que algunas viviendas se han mejorado utilizando materiales como ladrillo, las que se encuentran en la ribera del río aumentan el grado de vulnerabilidad del sector.

El tercer asentamiento se localiza sobre el jarillón del río Cali, a partir de la calle 73N y hasta la desembocadura al río Cauca, donde se estima que habitan actualmente unas 2300 personas. La infraestructura de las viviendas confiere a este asentamiento una alta vulnerabilidad, debido a los materiales poco confiables y a la desestabilización que muestra el terreno.

A pesar de que la mayoría de los sectores a lo largo del río Cali pertenecen a zonas residenciales formales, clasificadas como de vulnerabilidad alta, no representan sin embargo mayor peligro, ya que la mayoría de estos sectores se encuentran apartados de las riberas del río, a excepción de algunas viviendas de estrato alto, cuyas culatas colindan con el río.

En el rango de vulnerabilidad alta, se encuentra también, la infraestructura de servicios públicos representada por el acueducto de San Antonio, que toma del río Cali una cantidad considerable de caudal; se presentan problemas puesto que la erosión continua en la parte alta de la bocatoma, arrastra tal cantidad de sedimentos que en algunas oportunidades, obstruyen la tubería de llegada a la planta.

La infraestructura vial suburbana en la parte alta del río representada por caminos de trocha no muy cercanos al río, al igual que las zonas dedicadas a la actividad minera y pastos, poseen una vulnerabilidad media.

### **3.1.3 Evaluación del Riesgo.**

Se presenta alto riesgo por movimientos masales para los asentamientos subnormales de Palermo, La Isla, Camilo Torres y corredor de Floralia. El primero posee una continua amenaza de deslizamiento, ya que los materiales y cimientos de las viviendas son inadecuados y las pendientes son considerables, además de que presenta las zonas de protección, desprovistas de vegetación. Por su parte, los asentamientos de La Isla y Camilo Torres presentan un uso inadecuado del suelo; las viviendas colindan con la orilla derecha del río, la cual presenta las zonas marginales desprovistas de vegetación y con procesos erosivos preocupantes. Al igual que el asentamiento anterior el corredor de Floralia, además de los riesgos anteriormente expuestos, presenta graves problemas de inundación, que al correlacionarse con la erosión constante de sus orillas puede llegar a

causar desestabilización del terreno y por ende riesgo para las viviendas construidas sobre el jarillón.

Las zonas residenciales formales presentan situación de riesgo medio por movimientos masales, lo mismo que las zonas dedicadas a la actividad minera, representadas por canteras; las explosiones constantes en estas canteras debilitan y desestabilizan el suelo, trayendo consigo problemas de erosión, deforestación y riesgo constante a los habitantes aledaños.

En la categoría de riesgo bajo por movimientos masales se encuentran todas las zonas cubiertas por bosque secundario joven, localizadas en la parte alta de la cuenca y las riberas del río, cubiertas por pastos, rastrojo bajo y zonas de parque.

El mayor riesgo por inundación se presenta en las zonas de asentamiento subnormal, La Isla y Camilo Torres, donde el riesgo es inminente por la posición de las viviendas, prácticamente sobre las orillas del río; en caso de inundación, toda esta cinta de casas sería afectada ya que debido al debilitamiento del terreno y a la pésima infraestructura física, los lugares son altamente vulnerables.

Otro sector catalogado como de riesgo muy alto por inundación es el comprendido entre la calle 70 y la confluencia con el río Cauca, debido a que se inunda con caudales que se presentan con períodos de retorno de 2 años. Es por lo tanto, un sector propenso a inundaciones continuas.

En riesgo alto por inundación se encuentra también la parte alta del río, desde el puente de la calle 7ª oeste, debido a que la vulnerabilidad es media y a la presencia de corredores viales, causantes de erosión en las orillas del río.

### **3.2 Río Meléndez.**

#### **3.2.1 Evaluación de las Amenazas.**

En el grado de amenaza baja por movimientos masales se encuentra toda la parte baja de la cuenca del río Meléndez, entre el Barrio Meléndez y Canal Interceptor Sur.

En grado de amenaza media está la mayor parte del sector suburbano de la ciudad, donde se encuentran incluidos asentamientos como el corregimiento de La Buitrera, Polvorines, Barrio El Jordán y parte alta del barrio Meléndez, incluida la vía a La Buitrera y la infraestructura vial del corregimiento.

Se encuentran además sectores muy puntuales, con grado de amenaza masal media - alta, localizados principalmente en la zona rural.

En la parte alta, a la altura de la mina carbonífera de La Buitrera, el río representa una amenaza de inundación, debido a que la ladera de la margen derecha tiende a deslizarse, lo que podría ocasionar un represamiento en dicho punto.

En la parte baja, adyacente al Canal Interceptor Sur, que comprende la planicie de inundación del río Cauca, el Canal puede eventualmente entregar sumergido al río, causando un remanso que represará las aguas del Canal y de sus afluentes. Esta eventualidad se estima que ocurre con un período de retorno mayor a 100 años.

En inmediaciones del antiguo balneario de El Aguacate, sector del barrio Meléndez, donde existe un dique-toma perteneciente al antiguo Ingenio Meléndez, el cual ocasiona represamiento de las aguas, con inminente amenaza para las viviendas vecinas del barrio Meléndez. Además el resalto que se produce al sobrepasar las aguas el dique, está generando un grave proceso erosivo que amenaza las construcciones vecinas.



Sobre la margen derecha del río, aguas arriba de la Calle 5ª, el inadecuado manejo del canal de aducción del dique-toma mencionado anteriormente, puede provocar inundaciones como las ocurridas en 1994 en las Torres de apartamentos ubicados en la calle 5ª, en inmediación del Club Campestre.

Todo el corredor vecino al río, ubicado entre las urbanizaciones Las Vegas y Multicentro y la Urbanización El Caney, se clasificó como zona de inundación media. En esta zona diversos elementos acentúan estas amenazas: El primero lo constituye el puente de la Avenida Pasoancho sobre el río Meléndez, el cual ocasiona represamiento de las aguas al angostar su cauce, amenazando puentes peatonales, zonas verdes y edificaciones cercanas al río. En segundo término el confinamiento y sinuosidad del cauce a partir de la Avenida Pasoancho hasta el Canal Interceptor Sur, sumado a la creciente densificación habitacional de la zona que ha convertido zonas blandas en duras, disminuyendo los tiempos de escurrimiento de las aguas y aumentando los niveles del río, situación que provoca el desbordamiento de las aguas por encima de los jarillones existentes, lo mismo que la erosión de las orillas.

Como zona de inundación alta se clasificó el sector de La Playa. En este sitio, debido a la intervención del cauce del río, la corriente ha desviado su trayecto original, formando una curva en "U" que origina la formación de un vórtice que represa aguas arriba la corriente provocando la entrada de las aguas al barrio La Playa y la erosión de la margen derecha, amenazando a la urbanización Multicentro.

### **3.2.2 Análisis de la Vulnerabilidad.**

La parte baja de la cuenca del río se encuentra poblada, por lo cual presenta una vulnerabilidad alta. Igualmente, a la altura del barrio Meléndez, entre las calles 4ª y 4ª B, hay una zona de muy alta vulnerabilidad, por encontrarse las viviendas expuestas a la acción erosiva del río.

En la parte baja se conserva una franja de protección a ambos márgenes del río, conformada por árboles cultivados, pastos y rastrojo alto, las cuales tienen un grado de vulnerabilidad medio. Hacia el sur de la urbanización El Caney los terrenos tienen vulnerabilidad media, dado que se emplean en el cultivo de caña de azúcar y pastoreo de ganado vacuno. También se clasificaron como zonas de vulnerabilidad media, por ser sitios dedicados a la recreación que presentan una población flotante considerable, los sectores correspondientes al Club Campestre y a La Buitrera. Igualmente las zonas con una alta actividad minera, se calificaron como de vulnerabilidad media.

### 3.2.3 Evaluación del Riesgo.

Todas las zonas de asentamiento habitacional localizadas dentro del área urbana, al igual que el corregimiento de La Buitrera, presentan un grado de riesgo medio a los movimientos masales; la población de La Buitrera sufrirá el más fuerte impacto socioeconómico, en el caso de ser afectada por un evento de origen masal. Dentro del riesgo medio por movimientos masales se encuentran también las zonas de explotación minera. Igualmente, las márgenes de protección en la parte suburbana en las cuales el bosque ha dado paso a la aparición de pastos y rastrojos altos, también se clasifican como de riesgo medio, por ser susceptibles de sufrir fenómenos como la erosión.

El área baja dedicada a cultivos, así como la zona de protección entre el barrio Meléndez y el Canal Interceptor Sur se clasifican como zonas de riesgo bajo por movimientos masales.

En general la zona de protección del río y sectores vecinos tienen un grado de riesgo medio a las inundaciones, a excepción de pequeños sectores de la margen izquierda donde el riesgo es bajo, debido a que el uso en recreación y habitacional que tiene, podría ser afectado. El área cercana al Canal Interceptor Sur y los sitios tales como el balneario El Aguacate y aguas arriba de la Calle 5ª, presentan un riesgo bajo contra inundaciones; estas zonas sin embargo, son afectadas por sucesos de características extremas.

El barrio La Playa y las zonas vecinas se catalogan como de alto riesgo contra inundaciones, puesto que es el sector más vulnerable a sufrir un impacto socio-económico grave, en caso de ser afectado por una inundación.

### **3.3 Río Lili.**

#### **3.3.1 Evaluación de la Amenaza.**

En grado de amenaza baja por movimientos masales se encuentra toda la parte baja del río Lili, entre Ciudad Jardín y El Canal Interceptor Sur.

Por su parte, en grado de amenaza media por movimientos masales se encuentra el área suburbana ubicada sobre las dos márgenes del río, donde se localizan asentamientos humanos y la vía de acceso al corregimiento de La Buitrera y el condominio La Riverita.

En cuanto a amenaza por inundación, el río Lili presenta dos puntos críticos. El primero se localiza aguas arriba del puente sobre la Avenida Cañasgordas; la restricción causada por este puente generó en Abril de 1994 la anegación de un amplio sector vecino. Posterior a este evento se adelantó la ampliación del puente, que sin embargo sigue siendo un sitio de amenaza, clasificado como de grado medio. El segundo punto está ubicado a la altura del puente sobre la vía férrea y el puente sobre la carretera Panamericana; este conjunto causa una reducción drástica del cauce, formando un represamiento de la quebrada Gualí y del propio río Lili, que inundan los terrenos de la margen derecha, más bajos que los de la margen izquierda. Esta zona se clasifica como de amenaza muy alta.

Con amenaza alta se clasificó también la zona de la margen derecha, aguas abajo de la carretera Panamericana, en predios de Constructora Meléndez.

### **3.3.2 Análisis de Vulnerabilidad.**

En la parte suburbana o cuenca media se conserva el bosque secundario, con una vulnerabilidad baja, lo mismo que una marcada actividad minera dedicada a la explotación del carbón, la cual tiene un grado de vulnerabilidad media, al igual que los sectores de La Buitrera y el condominio La Riverita, que son zonas con uso residencial y de recreación.

La zona de protección que se conserva a lo largo del río Lili, hasta la carretera Panamericana y en ambas márgenes, se califica con grado de vulnerabilidad media.

En la margen izquierda, aguas abajo del paso nivel de la vía férrea que conduce a Popayán, la zona de protección del río se encuentra ocupada por el caserío Lili; esta zona se clasificó con una vulnerabilidad muy alta.

En la parte baja, a excepción del tramo comprendido entre la carretera Panamericana y el Canal Interceptor Sur, donde los terrenos adyacentes se emplean en el cultivo de caña de azúcar, el área se encuentra habitada razón por la cual se clasifica con una vulnerabilidad alta.

### **3.3.3 Evaluación del Riesgo.**

El cauce y riberas del río Lili presenta dos tipos de riesgo por movimientos masales:

- Riesgo bajo, en las áreas destinadas al cultivo de caña de azúcar, así como la zona de protección del río en su parte alta y baja. Son sectores poco propensos a sufrir daño por un evento de este tipo.
- Riesgo Medio. Zonas residenciales de la parte baja, sectores destinados a la recreación y vivienda como La Buitrera y La Riverita, zona de protección del río en la

parte suburbana (constituida por pastos y rastrojo alto) y zonas de explotación minera. Estas áreas son las más susceptibles a sufrir un impacto al presentarse un fenómeno de origen masal.

En cuanto a riesgo por inundación, a lo largo del cauce del río Lili se presentan cuatro (4) zonas diferenciadas:

- Zona de riesgo bajo, que comprende la parte más baja de la cuenca, destinada al cultivo de caña de azúcar, así como sectores de la margen izquierda ubicados dentro de los 30 m. de protección del río. Estos sectores se verían afectados bajo un evento de inundación poco frecuente.
- Zona de riesgo medio, comprendida por sectores habitados de la margen izquierda, aledaños a la zona de protección del río, así como el caserío Lili y la zona residencial ubicada aguas arriba del puente de la avenida Cañasgordas. Estas son áreas habitadas que sufrirían algún impacto al ser inundadas.
- Zona de riesgo alto, ubicada sobre la margen derecha del río y comprende las zonas de protección, así como el área de cultivo de caña de azúcar ubicada aguas abajo de la carretera Panamericana. Son áreas de cultivos y zonas verdes que sufrirían fuertes procesos de anegación.
- Sector adyacente a la confluencia de la quebrada Gualí con el río Lili, donde se localiza el Colegio Alemán y una serie de viviendas de estrato alto, ubicadas sobre la margen derecha, presentan un riesgo de inundación muy alto. Aquí se produce el impacto más fuerte, ya que las inundaciones son mucho más frecuentes.

### **3.4 Río Pance.**

#### **3.4.1 Evaluación de la Amenaza.**

Existen tramos que presentan alta amenaza por erosión y derrumbes de las laderas, especialmente a la altura del Parque de la Salud, donde se observan desprendimientos de suelo hacia la carretera.

Se tiene amenaza de grado medio desde el inicio del Parque de la Salud, hasta unos 600 m. arriba de la parcelación Piedra Grande, debido a la presencia de suelos muy inestables que generan procesos erosivos muy severos.

Una extensa área de la parte media y baja de la cuenca presenta un grado bajo de amenaza masal; se incluyen dentro de esta clasificación las riberas derecha e izquierda del río, hasta su desembocadura en el río Jamundí.

Amenaza muy baja por movimientos masales se presenta en el resto del área de la cuenca del río Pance, parte media y baja, donde el suelo lo conforman conos y abanicos aluviales dedicados a la vivienda, cultivos y recreación.

En cuanto a las amenazas por inundación, se detectaron tres zonas bien diferenciadas:

- Zona de Amenaza Muy Alta. Se encuentra dentro de esta clasificación la franja localizada sobre la margen derecha del río, desde la tercera entrada al Parque de la Salud hasta aproximadamente 400 m. después de la finalización del mismo, lo mismo que la zona aledaña al Club Deportivo Cali. Estas zonas son alcanzadas por una inundación con un período de retorno de 1:2 años.
- Zona de Amenaza Alta. El área alcanzada por un caudal con período de retorno entre 10 y 25 años comprende la margen derecha del río, desde los límites con la Asociación

Campestre Shalom hasta la calle 18 o avenida Cañasgordas. A partir de esta avenida, las dos márgenes del río son inundables con la misma frecuencia citada, hasta la calle 25.

- Zona de Amenaza Baja. A partir de la calle 25 y hasta la confluencia con el río Jamundí.

### **3.4.2 Análisis de Vulnerabilidad.**

En la parte media de la cuenca, desde aproximadamente 2 Km. arriba del corregimiento de La Vorágine, se presentan zonas con alta y media vulnerabilidad debido a la presencia de asentamientos subnormales como La Playita, además de otras viviendas muy cercanas al río construidas con bahareque y ladrillo, lo mismo que estaderos, restaurantes y colegios que albergan población permanente y/o flotante.

La carretera, que hace parte de la infraestructura vial suburbana, tiene un grado medio de vulnerabilidad, agravado por su cercanía al río.

La zona de La Vorágine puede considerarse de alta vulnerabilidad por la población permanente asentada allí, las edificaciones y estructuras construidas y la alta presencia de bañistas en el río, principalmente durante los fines de semana.

Hacia abajo de La Vorágine, las zonas con vulnerabilidad media corresponden a Fincas, recreaciones, clubes, haciendas y casas campestres como el área ocupada por el Parque de la Salud, el Club Deportivo Cali, Centro Recreacional COMFANDI, Asociación Shalom, Club Farallones y Parcelación Piedra Grande.

También hacía abajo de La Vorágine, las áreas con vulnerabilidad de magnitud alta corresponden a la margen izquierda del río que se encuentra ocupada por viviendas y parcelaciones, con una población numerosa y permanente; además hay colegios y otras

instituciones que de ser afectadas, desencadenarían efectos secundarios (paralización de jornadas de estudio, estructuras y red de servicios públicos averiadas, etc.). También la vereda La Viga, considerada como un asentamiento subnormal, se cataloga como de alta vulnerabilidad. La vereda cuenta con aproximadamente 15 viviendas en mala construcción, carece de servicios públicos y alberga una población promedio de 40 personas de manera permanente, las cuales ocupan la zona de protección del río, deteriorándola progresivamente. Adicionalmente, este sector es un sitio tradicional de recreación para los habitantes de Cali.

### 3.4.3 Evaluación del Riesgo.

Se destacan tres (3) zonas con riesgo medio por movimientos masales.

- El Parque de la Salud, donde la vulnerabilidad y la amenaza presentan calificaciones significativas. Esto quiere decir que existe una cantidad importante de elementos expuestos a una eventual amenaza (vulnerabilidad media), lo cual coincide con una probabilidad media de ocurrencia de un fenómeno adverso (amenaza).
- La vereda La Viga. Aquí la interrelación entre la amenaza y la vulnerabilidad, es diferente. En esta zona se presenta una amenaza baja, pero la vulnerabilidad es muy alta, es decir que un fenómeno de poca envergadura, que en otra zona no causaría mayores daños, podría desarrollar en esta zona consecuencias importantes como destrucción de casas y pérdida de vidas, al encontrar malas construcciones, suelos inestables y deteriorados y población permanente sin organización y/o concepción del peligro.
- La infraestructura de la red vial suburbana correspondiente a la vía a Pance, es medianamente vulnerable y ocupa un área de amenaza media, razón por la cual presenta riesgo medio.



aguas ha sido invadida por construcciones de diversa índole y para diversos propósitos, incorporándola a las propiedades como patios, impidiendo su paso público; varias de las construcciones sufren procesos de socavación de los taludes, lo que ha obligado a sus "propietarios" a construir muros de protección. En este tramo, luego de un descenso rápido y recto, la pendiente baja abruptamente, por lo que se han acumulado grandes cantos que le disminuyen profundidad al cauce y originan desprendimientos en la margen, cerca de la carretera.

Posee una superficie de 8975 Ha. Ubicada en el suroccidente de la zona de ladera del Municipio de Cali, sobre la vertiente oriental de la cordillera occidental ( FOTOGRAFIAS P 1 a P 4 ). Limita por el norte con la divisoria de aguas de las subcuenca del río Pichindé, la divisoria de agua del río Meléndez y en la parte baja con la divisoria de aguas de la cuenca del río Lili; al sur con el municipio de Jamundí y la cuenca del mismo; al oriente con la poligonal D correspondiente al perímetro suburbano del Municipio de Cali y al occidente con Los Farallones de Cali y el municipio de Buenaventura.

## **CAPITULO II**

### **CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO**

Dentro del presente Capítulo se hace referencia a aquellos aspectos que caracterizan las cuencas y los cursos superficiales en estudio y que servirán como factores de valorización en el posterior proceso de identificación y evaluación de riesgos. Dichos aspectos se refieren a la geología, pendiente del terreno, procesos erosivos, hidrología, régimen de caudales y usos del suelo, que constituyen los factores que de una u otra manera, determinan la estabilidad relativa del área en estudio. La información básica para la preparación de este Capítulo corresponde a información secundaria tomada de distintas fuentes, las cuales son citadas en su debida oportunidad, complementada con observaciones realizadas directamente sobre el terreno.

#### **1. CARACTERIZACION GEOLÓGICA**

Comprende la descripción, identificación y análisis de las rocas que se presentan en el área de estudio, así como las actividades tectónicas que han tenido lugar, influyendo en la modelación del paisaje.

##### **1.1 Estudios Geológicos Básicos**

Son varios los estudios geológicos que se han realizado y que involucran la zona de interés, destacándose Schwinn, W. L. (1969), quien definió y nombró la Formación Guachinte como una secuencia de rocas sedimentarias y mantos de carbón, dividiéndola en tres miembros: Miembro Inferior o La Cima, Miembro Medio o Los Chorros y Miembro Superior o La Rampla; le asignó edad Mioceno Superior. Luego Rodríguez y otros (1980) la consideran como Eoceno Superior-Oligoceno. Posteriormente, Orrego et al. (1983),

redefine la formación Guachinte y la divide en dos miembros: Miembro Inferior o La Cima y Miembro Superior o La Rampla.

Cucalón, Henao, I. (1969), elaboró un estudio fotogeológico a nivel regional del piedemonte del valle del Alto Cauca a escalas 1:60,000 y 1: 20,000, dándole mayor énfasis a los conos aluviales y complementando con perforaciones hasta de 11 m. de profundidad; en 1975 realiza un estudio geológico-geomorfológico de las cuencas de los ríos Jamundí, Claro y Timba, y GEMCO Ltda., en 1979, hace un Estudio Geológico-Geomorfológico de las cuencas de los ríos Pance, Meléndez, Aguacatal y Cali, por encargo de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, C.V.C..

Apsden, J.A. (1984), define la Formación Volcánica, como constituida por diabasas y lavas almohadilladas, a las cuales Barrero, D. (1979) y McCourt et al. (1983) le atribuyeron un origen de arco de islas.

Nivia, A., (1989), mediante análisis geoquímico, caracteriza la Formación Volcánica como un segmento de un flujo de basalto oceánico.

En cuanto al manejo de eventos naturales, en su tesis de grado Dunoyer, M. (1989) presenta una propuesta de manejo de aguas y control de erosión en las cuencas de las quebradas Fátima, Portillo, Santa Mónica, Chipichape, El Bosque y Menga, al noroeste de la ciudad de Santiago de Cali.

Sánchez, R. y Vargas, J. E. (1990) proponen el mejoramiento de la explotación minera y la rehabilitación ambiental de las canteras aledañas a los cerros de los municipios de Cali y Yumbo.

Por último, Dunoyer, M., (1995) hace, para ECOCARBON LTDA., un estudio ambiental de la pequeña minería del carbón, el cual contiene propuestas y diseños de obras para el manejo de la actividad en el Departamento del Valle del Cauca.

## **1.2 Estratigrafía**

El flanco oriental de la Cordillera Occidental se caracteriza por una litología de composición básica y ultrabásica, como diabasas y basaltos, los cuales provienen de efusiones volcánicas submarinas ocurridas durante el Cretáceo; también se hallan depósitos sedimentarios del Terciario, constituidos por areniscas y arcillolitas, intensamente plegadas y fracturadas del Cuaternario, los cuales rellenan el valle del río Cauca.

Las rocas pertenecen a las siguientes formaciones:

### **1.2.1 Formación Volcánica ( Kv )**

Consta de rocas ígneas, principalmente de diabasas almohadilladas con intercalaciones de cherts y de algunos cuerpos intrusivos.

Las diabasas son efusiones volcánicas, en medio submarino y ocupan una faja al oeste del área de interés; son rocas masivas, compactas duras y resistentes, con algunas asociaciones de gabros, predominando un patrón de drenaje radial. Las efusiones son, principalmente, diabasas de grano medio a fino, de color gris y se meteorizan bajo la, así denominada, roca-muerta, de color violeta oscuro, apta para rellenos y balastaje el tipo de meteorización es la esferoidal; localmente se hallan intercalaciones de cherts y limolitas de colores negro, gris y amarillo pardo, con alto fracturamiento y sin estructuras reconocibles.

Estas rocas cubren la mayor parte del área de estudio; las rocas frescas afloran en la cuenca del río Cali, especialmente al oeste, cerca de la bocatoma del acueducto de San Antonio y, al norte, en la zona baja cerca al sitio del Bosque Municipal o Zoológico Municipal.

El intenso diaclasamiento que, en general, se observa en esta unidad litológica evidencia la importante actividad tectónica del área; es de pensar que existe actividad hidrotermal, ya que es frecuente observar que algunas fracturas y diaclasas se hallan rellenas con epidota, cuarzo y calcita y, a veces, pirita y calcopirita.

El clima se caracteriza por alta precipitación pluvial de tipo torrencial, lo cual hace que los procesos de meteorización física sean activos en grado mayor que los de meteorización química.

Esto contribuye a que el tipo de erosión dominante sobre sus suelos residuales sea la laminar, con formación de surcos; es decir, que hay una rápida transición del escurrimiento difuso al escurrimiento concentrado. Bajo la forma de intensa meteorización se producen suelos areno-arcillosos amarillentos, poco profundos que contienen óxidos de hierro provenientes de la intemperización de los minerales ferromagnesianos, de clase textural 07 y pH 6.4 (ligeramente ácidos).

Entre las altitudes 2,200 m.s.n.m. y 1,400 m.s.n.m. estas rocas han sufrido meteorización intensa a arcillas rojas a amarillentas con espesores hasta de 2 y 3 m..

En la parte más alta, en Los Farallones de Cali, sólo afloran diabasas con su característico paisaje de intensos diaclasamiento y fallamiento y escasa vegetación; el aspecto de zona semiárida ha sido causado por un microclima, el cual desarrolló el intenso intemperismo mecánico.

Hacia los nacimientos del río Cali, y entre las diabasas se halla una pequeña apófisis de epidosita, roca de origen metasomático de color verde oliva con aspecto fibroso, la cual al meteorizarse produce una arcilla blanca. La roca parece haber sufrido desplazamiento de sus minerales originales, alcanzando una epidotización casi total.

La Formación Volcánica contiene las siguientes sub-unidades litológicas:

### **Formación Ampudia ( K<sub>a</sub> ) Formación Ampudia ( K<sub>a</sub> )**

Consta de intercalaciones de bancos delgados de limolitas silíceas y cherts, principalmente.

### **Formación Cisneros ( K<sub>c</sub> ) Formación Cisneros ( K<sub>c</sub> )**

Consta de intercalaciones de limolitas, cherts y filitas verdes metamorfisados.

### **Formación Espinal ( K<sub>e</sub> ) Formación Espinal ( K<sub>e</sub> )**

Consta de bancos de chert negro, shales o lutitas y areniscas con granos de rocas ígneas intrusivas.

En las cercanías de Villa Carmelo se presenta una intrusión granítica, la cual ha sido denominada Stock de Villacarmelo.

### **1.2.2 Stock de Pance ( Tgp, Tdp, Tpp )**

Cerca al caserío de Pance, dentro de estas rocas se han hallado algunos diques de gabros anfibólicos-piroxénicos, diorita hornbléndica, tonalita y diorita porfirítica hornbléndica, que constituyen el stock de Pance; son de color verde oscuro con textura fanerítica, compactos; las rocas se halla cubierta con una pátina de óxido de hierro.

También se observaron diques de estos gabros, con textura afanítica, al este del caserío, por el río Pato; por la carretera al caserío cerca de la bifurcación a la Reserva de El Topacio, muy cerca de la falla de Cascarilla, se observó melanodiorita anfibólica de color gris oscuro, de alta compactación.

Las rocas intrusivas son de tipo tonalítico, de composición intermedia y fueron observadas en la vía Cali - Pance y al oeste del caserío; se presenta como un cuerpo de 500 m. de largo por 200 m. de ancho; la roca es de color gris a blanco, con mucha hornblenda,

feldespato y algo de cuarzo, textura fanerítica y con meteorización esferoidal; por las características especiales y por estar asociadas con el mismo evento magmático regional, se las ha correlacionado con las rocas ígneas intrusivas tonalíticas que afloran en cercanías de Timba, Buenos Aires, Suárez y El Danubio, al este de Buenaventura.

En Pance también aflora una granodiorita de color gris claro, textura fanerítica, constituida por feldespato y cuarzo.

### **1.2.3 Formación Chimborazo ( TPc )**

Su nombre proviene de la población de Chimborazo, cerca de Morales, Cauca; son sedimentos marinos que descansan discordantemente sobre la Formación Ampudia y que subyacen los bancos de areniscas ortocuarcíticas que conforman la base de la Formación Guachinte; desaparece en las cercanías de Villa Carmelo.

### **1.2.4 Formación Guachinte ( TOg )**

Infrayace concordantemente a la Formación Ferreira, aflora al norte de Pance y suprayace directamente a la Formación Volcánica; se encuentra constituida por rocas sedimentarias y atraviesa el área a manera de una franja con dirección aproximada N-S ocupando, aproximadamente, la tercera parte del área. Se trata de una secuencia de areniscas y limolitas intercaladas con mantos de carbón; la dirección general de la estratificación es N-S/20° E, con variaciones en el rumbo hasta 20° al este y buzamientos que varían hasta verticales.

Las areniscas se presentan como estratos de espesor medio a grueso, con laminaciones planas finas originadas por óxidos y materia orgánica; contienen plantas fosilizadas y son de color blanco, gris o rosado; de Chen, (1968) en Corrales, I., (1977) se las ha clasificado como cuarciarenita feldespática. Al parecer, se depositaron en un ambiente de transición

continente-costa, en donde las areniscas conglomeráticas indicarían rellenos de canal y las series rítmicas de limos y carbón una zona de albufera, según Dunoyer, M., (1990).

Las limolitas se hallan en capas finas o gruesas, finamente laminadas, intercaladas con mantos de carbón, de colores varios y contienen fósiles. Los mantos de carbón varían en espesor desde unos pocos centímetros hasta dos metros y, según Durán et al. (1981), normalmente son bituminosos.

Cerca al sitio de Dos Quebradas, al oeste del caserío de Villa Carmelo, se halla una secuencia de arcillas lilas a amarillentas intercaladas con capas de arcillas negras carbonáceas y limolitas verdosas, hasta de 30 cm. de espesor; en general, las capas tienen actitud N 10° W, con buzamiento de 60° W.

En la carretera al Alto del Rosario (1,400 m.s.n.m.) se observa una secuencia de areniscas lutitas y shales, con alto contenido de materia orgánica, en donde las areniscas son de color amarillo a rojizo y blanco, de buen espesor, con laminaciones paralelas discontinuas provocadas por la materia orgánica; el grano varía de medio a muy grueso, presentándose estratificación cruzada festoneada y las fracturas y diaclasas se hallan con costras de óxidos; de Chen (1968) se las ha clasificado como areniscas feldespáticas.

Las lutitas (en colores gris, amarillo o lila) y shales (en colores negro o marrón) se presentan en estratos de menos de 1 m. de espesor.

#### **1.2.5 Formación Ferreira ( TOf )**

Suprayace concordantemente a la Formación Guachinte; aflora en la vertiente este de la Cordillera Occidental, desapareciendo a la altura del río Lili, en contacto discordante bajo la Formación Jamundí y los depósitos recientes.



Su ciclotema es similar al de la Formación Guachinte; consta de conglomerados en su base, intercalados con shales, arcillolitas y continúa con areniscas sucias, limolitas, shales carbonáceos y mantos de carbón.

#### **1.2.6 Formación Jamundí ( TQ<sub>j</sub> )**

Designa depósitos no consolidados de abanicos aluviales que se hallan desde el río Guachinte, al sur del área de estudio, hasta la ciudad de Cali; se reconoce fácilmente por ser discordante sobre rocas de las formaciones Guachinte y Ferreira, mientras que su contacto superior está suprayacido por los conos y depósitos aluviales recientes.

No tiene gran espesor en el área y aflora entre los ríos Meléndez y Pance. Consta de arcillas de color rojo a amarillentas, como matriz, a manera de un depósito no consolidado, o un aglomerado constituido por cantos subredondeados a redondeados de rocas volcánicas, especialmente de diabasas, y de cherts, limolitas, rocas sedimentarias terciarias e intrusivas, en menor proporción, con tamaño desde unos cms. hasta de 3 m. de diámetro; a medida que avanza hacia el sur, aumenta de espesor y las arcillas son más ricas en yeso (gibsita).

#### **1.2.7 Depósitos Cuaternarios ( Qco, Qca, Qd, Qal )**

Constituidos por depósitos de vertiente, conos aluviales, depósitos fluviotorrenciales de los cuatro ríos principales y sus afluentes y llanuras de inundación.

Los ríos Cali, Meléndez y Lili no presentan llanuras de inundación significativas; según Cucalón, I., en el área se tienen tres conos aluviales: el del río Cali, integrado por los abanicos de los ríos Aguacatal, Cali y Cañaveralejo; el cono de Meléndez, formado por los abanicos de los ríos Meléndez y Lili, y el de Pance, formado por el abanico del río.

El cono de Meléndez se halla interdigitado con el cono de Cali, es el de menor extensión del área y tiene como límites, al norte al cono de Cali y al sur al cono de Pance; consta de arcillas limosas de colores varios, con algo de gujarros, arena y guijas y turba, depositados sobre la Formación Jamundí.

El cono de Pance ocupa la mayor parte de la zona plana del área de estudio, limitado al sur por el cono de Jamundí y al norte por el cono de Meléndez. Está constituido por gravas, bloques y cantos de diabasas y cherts embebidos en limos y arenas grises mal sorteadas, como matriz, y se halla interdigitado con el cono de Meléndez.

### 1.3 Geología Estructural

Las unidades litológicas descritas en el numeral precedente evidencian fuertes eventos tectónicos, los cuales, en la superficie se manifiestan por fallamientos o esfuerzos de cizalla, plegamientos y diaclasamientos.

Se piensa que el área de estudio se halla dentro de un marco tectónico compresivo por el cambio brusco en el buzamiento de las rocas sedimentarias, la ubicación topográfica de éstas respecto de la Formación Volcánica, los plegamientos y las características geomorfológicas de la zona.

Los plegamientos principales afectan las rocas de la Formación Guachinte. Los plegamientos observados son del orden de centímetros a cientos de metros. Se presentan dos tipos: sinclinales y anticlinales.

Un tipo está representado por el Sinclinal de Lili, orientado hacia el NE y que se trunca con la falla de Meléndez y flexa la secuencia de arcillas, limolitas y vetas de carbón; su eje cabecea hacia el SE y su flanco occidental ha sufrido subplegamientos, formándose anticlinal y sinclinal locales de corta extensión.

El Sinclinal de La Buitrera, al oriente de la falla de Pance la cual afecta su flanco occidental con buzamientos verticales, tiene dirección NE-SW siendo escondido, hacia el sur, por los sedimentos cuaternarios; está formado por capas de arcillas, areniscas y limolitas con vetas de carbón.

El segundo tipo está representado por:

- Anticlinal de Lili, con dirección N 60° W, cabeceando hacia el SE; los flancos tienen buzamientos entre 40° y 50° y se halla formado por la secuencia de arcillas, limolitas y vetas de carbón; se halla limitado al norte por el Sinclinal de Lili.
- Anticlinal de La Riverita, se halla al oeste de la Falla de Cali, con dirección N-S y cabeceo hacia el sur; hacia el norte choca con la falla de Lili. Está formado en la secuencia de arcillas, limolitas, vetas de carbón con intercalaciones de areniscas. Por efectos de la falla, las capas de su flanco oriental se encuentran verticales, con pequeñas flexiones de gravedad hacia el este, produciéndose inversión en las capas, cerca de la falla de Cali.

Entre los ríos Meléndez y Cañaveralejo se observa que las rocas sedimentarias se tornan verticales por efecto de la Falla de Cali y, por efecto de la gravedad superficialmente, caen hacia el este, invirtiéndose y formando pequeñas estructuras de colapso.

El intenso fallamiento indica las grandes presiones en sentido oeste-este a que está sometida la Cordillera Occidental, debido a la subducción de la Placa de Nasca o Placa Pacífica bajo la Placa Continental, lo cual, también, refleja el grado de fracturamiento hallado en las rocas.

Los rasgos más importantes del occidente colombiano lo constituyen el Sistema de fallas del Cauca junto con el de Romeral. El Sistema de fallas del Cauca tiene rumbo N-S, con inclinaciones al este y casi verticales; es paralelo a la margen izquierda del río Cauca;

este Sistema se caracteriza por la presencia de anomalías gravimétricas y magnéticas y alta concentración de focos de actividad sísmica y deslizamientos alineados.

Según Orrego et al., (1981), en general se trata de una serie de fallas inversas con buzamientos casi verticales en la zona de flexión de la corteza oceánica adyacente a la zona de subducción, producida durante el Cretáceo y complementada por los esfuerzos producidos por las intrusiones terciarias del ciclo magmático post-orogénico andino.

En el área de estudio el rasgo más sobresaliente lo constituye el intenso cizallamiento. Este rasgo principal está constituido por un sistema de fallamientos y lineamientos regionales de dirección noreste-suroeste, con predominante movimiento horizontal, al cual varios sistemas de diaclasas se hallan asociados, lo que hace zonas de debilidad en las rocas y controlan el drenaje, con un patrón que se forma marcadamente ortogonal; el subdrenaje es dendrítico. El grado de fracturamiento controla, también, el agua subterránea, siendo marcada la influencia sobre su contenido en las zonas inestables.

La falla de Cali tiene traza N-S y va por la vertiente oriental de la Cordillera Occidental, cerca de su piedemonte; su trayectoria se ha seguido por rasgos geomorfológicos (silletas, facetas triangulares, cauces rectos); afecta tanto a las rocas ígneas como a las sedimentarias y pone en contacto las rocas de la Formación Volcánica con intercalaciones sedimentarias.

La falla de Santana se ha trazado siguiendo rasgos geomorfológicos y fotogeológicos debido a que, en el campo, la alta meteorización de las rocas ígneas que afecta no permite la identificación de su actitud estructural.

La falla de Pichindécito atraviesa el área desde el norte, afectando rocas de la Formación Volcánica, controla el curso del río Pichindécito ( FOTOGRAFIA C 4 ) y termina al sur, contra la falla de Santana.

La falla de Pichindé controla el curso alto del río Pichindé; tiene curso NE-SW, es de corta longitud y se extiende hacia los Farallones de Cali afectando las rocas de la Formación Volcánica.

La falla de Meléndez es de poca longitud, y se halla controlando la dirección del río del mismo nombre; geomorfológicamente su dirección aproximada es N 84° W y afecta las rocas de la Formación Volcánica y parte de las sedimentarias, al occidente termina en la falla de Cascarillal.

La falla de Cascarillal atraviesa el área de norte a sur, al oeste de la falla de Pance; su dirección es NE-SW y afecta especialmente las rocas de la Formación Volcánica, poniéndolas en contacto con los depósitos sedimentarios del Terciario.

La falla de La Castellana ( FOTOGRAFIA P 5 ), controla el curso de la corriente del mismo nombre; es de corta longitud y se extiende con dirección NW-SE, cortando perpendicularmente a la falla de Cali. Las rocas intrusivas que se hallan en el área al parecer están asociadas a esta falla.

La falla de Lili, localizada entre los ríos Meléndez y Pance, controla el curso del río Lili; es de corta longitud y se extiende con dirección NW-SE, cortando las fallas de Cali y Pance; afecta sedimentos Terciarios y de la Formación Volcánica.

La falla de Pance hace parte del sistema de la falla de Cali; tiene dirección NE-SW, uniéndose a la falla de Cali al sur del área, cerca al río Pance. Atraviesa el área de estudio de norte a sur, afectando los sedimentos terciarios de la Formación Guachinte, los cuales se conservan como pequeños cuerpos alargados discontinuos a lo largo de la falla.

Los lineamientos son notorios tanto en el campo como en las aerofotografías. Se presentan entre direcciones N 0°-30° E y N 40°-70°W, y controlan en parte muchas corrientes de aguas, especialmente la Quebrada Cabuyal, o limitan cuchillas como en La Hamaca.

Los lineamientos N-NE están asociados a las fallas Cali y Santana y a la estratificación de las rocas sedimentarias; uno de ellos controla parte del cauce del río Pichindécito y se correlaciona con la falla del mismo nombre, definida por McCourt et al., 1989.

Los lineamientos N-NW son menores en número, pero son de gran continuidad y evidencian algunos tramos rectos de los ríos Cali, Pichindé, Pichindécito y Meléndez (correlacionable con la falla del mismo nombre).

#### 1.4 Suelos

Según el I.G.A.C, los suelos pertenecen a la Asociación Pescador - Zanjón Seco (PH), "en relieve fuertemente quebrado a muy escarpado, con pendientes de 25%-75% y mayores, localizados en el nivel inferior del flanco de la Cordillera; la naturaleza de los materiales corresponde a diabasas poco meteorizadas que alternan con coladas diabásicas. El Conjunto Pescador (Lithic Ustorthent) se distribuye a todo lo largo de las pendientes fuertes de manera indiferente dentro de la posición.

Son suelos superficiales, excesivamente drenados, limitados por roca dura coherente, y severamente erosionados; se caracterizan por presentar un horizonte A con un espesor menor de 18 cm, color pardo oscuro, textura moderadamente fina y estructura en bloques subangulares, finos y medios. Subyacentes a este horizonte se presentan las diabasas poco alteradas. La Asociación la conforman los conjuntos Pescador y Zanjón Seco (80% y 20%, respectivamente), y constituye el grupo de suelos CM1 (Cálido moderado) que se pueden observar en la zona del piedemonte de la cuenca del río Cali. En la época, cuando se hizo el levantamiento de suelos, los terrenos estaban ocupados con ganados de desarrollo, apacentado en pastos naturales y rastrojo bajo; este tipo de explotación es conveniente con ganadería de levante y a pequeña escala, con gramíneas como la yerba trenza (*Paspalum notatum*) que es muy agresiva y resistente a condiciones de sequía. Esta zona debe ser objeto de un manejo especial porque son áreas suburbanas que en

mínima parte están dedicadas a actividades agropecuarias. Son estratos que están sometidos a una intensa explotación minera, piedra de cantera para construcción, etc..

La situación de desertificación en los cerros de la ciudad se hace más ostensible y grave por las características del clima. A la erosión antrópica que puede ser causada por la minería, se suma la erosión hídrica originada por aguaceros torrenciales que provocan avalanchas, con acarreo de materiales inertes y arrastre de la raquífica vegetación propia de suelos superficiales y erosionados y de clima seco en los dos semestres, con precipitaciones pluviales efectivas deficitarias y mal distribuidas.

En las cuencas en donde predomina la Formación Volcánica se forman suelos arcillosos ricos en óxidos de hierro y manganeso, de color rojo, con espesores superiores a los 5 m., excepto en la cuenca del río Cali, en donde predomina el intemperismo mecánico sobre el químico, por lo cual casi no alcanzan a formarse las arcillas rojas, sino que la roca sufre fracturamiento y meteorización esferoidal, abriéndose a la manera de una cebolla; la roca se reblandece y puede desprenderse con facilidad. Bajo estas condiciones se la explota como "roca-muerta", la cual se usa para rellenos.

### **1.5 Geología Histórica**

Las rocas que se agrupan en la Formación Volcánica (diabasas con inclusiones sedimentarias y cherts) se depositaron durante la actividad volcánica submarina del Cretáceo superior. Como las efusiones no eran continuas, en los períodos de inactividad se depositaron sedimentos clásticos del tipo de las arenas, arcillas y cherts.

Reiniciado el vulcanismo, las incipientes sedimentaciones fueron cubiertas por nuevas efusiones, de manera repetida, lo cual se manifiesta por los diferentes niveles de rocas sedimentarias encontradas en el área, intercaladas con las diabasas.

Coincidente con la actividad volcánica se produce un leve metamorfismo en estos depósitos.

A finales del Cretáceo y con la disminución de la actividad volcánica ocurren las intrusiones tonalíticas y de tipo gabroide que se encuentran en la Cordillera Occidental.

Luego empieza la sedimentación del Terciario en un ambiente paludal, propicio para la acumulación de turba, la cual forma, posteriormente, las cuencas carboníferas.

A mediados del Terciario ( Mioceno ) con el movimiento de las placas se forma la zona de subducción hacia el océano Pacífico, completándose la orogénesis andina con la formación de las cordilleras Oriental, Central y Occidental. Al mismo tiempo hay actividad ígnea intrusiva de las tonalitas, las cuales afectan principalmente a la última cordillera, en tanto que en la Central predomina el volcanismo.

Con la orogénesis, las rocas se sometieron a una fuerte compresión que dio origen a fallas y pliegues.

A finales del Terciario y durante el Cuaternario se sucede la fase de distensión que produce en las cordilleras Occidental y Central una deformación discontinua caracterizada por los sistemas de fallas; sincrónicamente se sucede en la Cordillera Central la actividad volcánica, con la formación de los volcanes que se hallan inactivos actualmente.

Como consecuencia de la deglaciación y la erosión, se depositaron sus residuos en la artesa formada entre las dos cordilleras y que hoy constituyen la planicie del río Cauca.



## **1.6 Yacimientos Minerales**

En el área de estudio se encuentran minerales de interés para la industria y la construcción, entre los que se deben mencionar el carbón, el oro y los materiales para construcción.

La mayor actividad minera que se desarrolla en el área es la del carbón, principalmente en las cuencas de los ríos Meléndez y Lili.

Existen mineralizaciones de oro asociadas a filones de cuarzo rellenando fracturas con dirección N 30° - 60° W, al noreste de Peñas Blancas, en donde quedan restos de un molino californiano, y algunos filones todavía explotados por pequeños mineros. También se hallan en cercanías de La Vorágine, en la Quebrada de El Molino, y al norte del caserío de Pance.

Los materiales de construcción se hallan dentro de la Formación Volcánica, especialmente en las cuencas del río Cali, en donde se explotan las diabasas frescas o "roca azul" y la roca meteorizada o "roca-muerta".

Las arcillas para cerámicas y ladrillos se explotan especialmente en los suelos residuales de la Formación Volcánica y de las limolitas de la Formación Guachinte, en cercanías de La Buitrera.

## **1.7 Mapas Geológicos**

A partir de la información contenida en los diferentes estudios geológicos relacionados en el numeral 1.1 del presente capítulo y teniendo como base cartográfica y nomenclatura de la geología la presentada en la planta 299 de INGEOMINAS, se elaboraron los mapas temáticos de Formaciones Geológicas Superficiales para cada una de las cuencas objeto del Estudio, en el área urbana y sub-urbana del municipio de Cali. En el Anexo de Planos

se presentan los planos No. G-1, G-2 y G-3, correspondientes a los ríos Cali, Lili, Meléndez y Pance, respectivamente.

## **2. TOPOGRAFIA - PENDIENTES DEL TERRENO**

Como factor determinante de la estabilidad relativa de las laderas de los ríos está la pendiente del terreno. Básicamente la pendiente depende de la geomorfología de la cuenca y es elemento primordial para tener en cuenta en el fenómeno de desestabilización de suelos.

En la zona de estudio predominan dos rangos de pendientes, las mayores y menores de 45%. Las áreas con pendientes mayores de 45% se hallan al oeste de las vertientes de los ríos Cali y Pichindé, Cerro de Los Cristales, sector de La Hamaca, en la carretera Cali -Yanaconas, vertientes de los ríos Meléndez y Lili y parte alta de la vertiente del río Pance.

Los sectores de pendientes altas, tales como las de 60%, se correlacionan con algunos lineamientos fotogeológicos, como los de las fallas de Cali y Meléndez, los de los ríos Cali y Pichindé y el alineamiento SW-NE paralelo al Cerro de Los Cristales.

Al contrario de lo que normalmente se podría pensar, en los rangos de pendientes altas los procesos erosivos se limitan a la erosión superficial, debido a que los grandes deslizamientos rotacionales se producen en rocas con espesores de meteorización considerables, desarrollados en zonas de pendientes más suaves, las cuales favorecen la infiltración y el consecuente desarrollo de éstos.

No obstante, en aquellas áreas en donde afloran las rocas sedimentarias bien estratificadas y con buzamientos verticales a subverticales, la pendiente juega un papel decisivo en la inestabilidad de las laderas, pues favorece los deslizamientos planares o inclinados.

Las pendientes menores del 45% se localizan hacia el centro del área de estudio, en una franja orientada N-S, en donde se destacan las divisorias de las cuencas Cañaveralejo - Cali, Cañaveralejo - Meléndez y Meléndez - Lili, siendo las áreas que presentan mayores problemas por inestabilidad, como se mencionó atrás.

Las cuatro cuencas muestran características geomorfológicas particulares que permiten diferenciarlas entre sí, de manera que cada una constituye su respectiva unidad morfológica.

## **2.1 Río Cali.**

La cuenca del río Cali, presenta una fisiografía quebrada con predominio de pendientes que oscilan entre el 25% y el 50%. En la parte del nacimiento se caracteriza por un relieve alto, con colinas alargadas, de cimas afiladas y paralelas, vertientes asimétricas y lisas; la red de drenaje es subparalela a subangular con valles en "V", desarrollada sobre diabasas y depósitos fluvioaluviales (en Bellavista y Terrón Colorado), lo cual indica, también un control litológico secundario; en este sector, las pendientes predominantes oscilan entre el 25% y el 40% con algunas pendientes aisladas que están entre el 10 y el 25%. A partir del barrio Centenario y La Merced las pendientes que predominan son  $\leq 10\%$ , hasta su desembocadura al río Cauca.

## **2.2 Río Meléndez**

Caracterizada por un relieve alto en su nacimiento, con cuchillas alargadas, vertientes lisas y asimétricas, y pendientes fuertes (45% - 60%), con tendencia a suavizarse hacia el área de La Buitrera, donde las pendientes oscilan entre el 25% y el 35%. El material dominante en esta unidad es dolerita (diabasa); en la zona intermedia de las cuencas, las doleritas están intercaladas con rocas sedimentarias. Las formas de colina dominan en la parte oriental de la cuenca, en contacto con el área plana pluvial.

Se puede definir una segunda zona con relieve moderado alto, y cerros aislados de pendientes hasta el 35%, con cimas arqueadas en forma de media luna, la cual posee una disección del drenaje moderada, no mayor de 60 m. La morfología de la zona se ha visto afectada por la construcción de viviendas sin planeación urbana y la actividad minera con técnicas no adecuadas.

A partir del Club Campestre y hasta la entrega al Canal Interceptor Sur, predominan las pendientes  $\leq 10\%$ .

### **2.3 Río Lili**

Esta cuenca presenta una topografía ondulada en sus partes media y baja. En la parte alta la fisiografía es un poco más quebrada, con predominio de pendientes entre el 25% - 35% para casos aislados. De allí en adelante y hasta su entrega al Canal Interceptor Sur, el rango de pendientes está entre el 0% y el 12%.

El río Lili ofrece colinas alargadas, de cimas redondeadas y vertientes lisas, la red de drenaje es subparalela a dentrítica, drenado, en general, en dirección E - W. En cuanto a la litología, se hallan diabasas con bajos espesores meteorizados; la densidad de drenaje es alta, pero con baja disección (menos de 30 m.). En la parte baja de la cuenca predominan pendientes moderadas, con colinas alargadas, señalada por la estratificación de la formación Guachinte, mostrando pobre densidad en su drenaje.

### **2.4 Río Pance**

Comprende desde la divisoria de aguas de Los Farallones de Cali y se extiende hacia el este; la litología predominante es diabasas y algunas intrusiones dioríticas de poca extensión. La parte alta presenta una topografía escarpada con pendientes mayores del 50% y vegetación abundante de bosque natural. En la parte plana, que corresponde al

área de estudio, está constituida por una franja con dirección aproximada N-S, correspondiente a la parte del piedemonte; su morfología ha sido intervenida por la actividad de construcción urbana. Esta parte conserva sus características particulares como drenajes, orientadas en sentido W - E, de bajo orden que, en su mayoría, han sido intervenidos por canalizaciones privadas. Su topografía es ondulada, con pendientes que oscilan entre el 5% - 15%.

## **2.5 Mapas de Pendientes**

Contando con la información básica de pendientes de cada una de las cuencas y con base en el módulo de pendientes del terreno, desarrollado por el OSSO para el Plan de Mitigación de Riesgos en Cali, se construyeron los mapas de pendientes para cada cuenca, correspondientes a los planos P1 - P2 P3 del Anexo de Planos.

## **3. PROCESOS EROSIVOS**

Los procesos erosivos son los modeladores externos del paisaje; el intemperismo ataca las rocas y sus productos se transportan por las aguas, ayudadas por la gravedad o el viento, en algunos casos.

Los procesos erosivos pueden ser superficiales, tales como la erosión laminar o arrastre de partículas en superficie por acción del agua, o erosión concentrada en forma de surcos y cárcavas; pueden ocurrir también en masa, en forma de desprendimientos de bloques, coladas de barro, y deslizamientos que pueden ser rápidos (de varios metros por segundo) o lentos ( de hasta centímetros por año).

Las causas fundamentales de los procesos de erosión son de tipo natural y por acción antrópica.

Entre los factores de tipo natural se tienen: Movimientos sísmicos, excesivas pendientes, planos de debilidad, naturaleza de los terrenos, saturación por infiltración de aguas a partir de lluvias fuertes o prolongadas y socavación en las orillas de los ríos.

Entre los factores de naturaleza antrópica se encuentran, principalmente, los asentamientos ubicados en zonas donde se han presentado deslizamientos, deforestación, construcción inadecuada de barqueos y pozos sépticos, infiltración de aguas por fallas en redes de acueducto y vertimiento de aguas servidas, sobre las laderas.

En general en Cali, los fenómenos erosivos se localizan principalmente sobre el área occidental, en los llamados "Cerros" de la ciudad.

Geológicamente las rocas más duras y antiguas que se encuentran son las diabásicas y sedimentarias, que, cuando no se encuentran transformadas en los llamados "suelos", presentan buena estabilidad, mientras que aquellos que si lo están, tienen posibilidad de deslizarse.

En el área de estudio los causales principales de los procesos erosivos son el agua y la acción antrópica, manifestándose en procesos superficiales con poca o ninguna vegetación y movimientos de masa originados por subsidencia del terreno y socavamiento en los cauces de los ríos, no siendo raro que el intemperismo haya sido mecánico debido a los cambios rápidos y bruscos de temperatura, aún cuando no se presenta por separado del intemperismo químico.

Los fenómenos principales producidos por el agua y que se presentan en el área de estudio son:

La *escorrentía*, que se manifiesta en el sector norte del Cerro de Los Cristales, habiendo arrastre de materiales detríticos abandonados, de la construcción de vías.

El *Carcavamiento y ensurcamiento*, se producen por concentración de aguas en zonas en donde los suelos son relativamente inconsolidados y desprovistos de vegetación; es común en los cerros de la ciudad, especialmente en las laderas norte y occidental del Cerro de Los Cristales y en La Buitrera, en donde las cárcavas alcanzan profundidades hasta de 4.5 m. y aberturas por socavación o desplomes hasta de 10 m.

Los *desprendimientos*, se producen cuando de un talud de pendiente fuerte se rasga en material de cualquier tamaño, por caída libre a saltos o rodando y, generalmente, como pequeñas partículas de suelos o masas blandas y residuos de materiales pétreos, sin que se produzca deslizamiento de corte; ocurren con relativa frecuencia en el Barrio Bellavista, en donde afloran intercalaciones de flujos de escombros y tobas; también se observan en las cercanías de la quebrada Aguabonita, en la vía Pichindé - La Leonera.

Los *inclinados o topples*, consisten en una rotación hacia adelante de un material cualquiera, en una especie de inclinación sin llegar al colapso y se pueden producir por movimientos sísmicos, por las expansiones de materiales por causa del agua o de la temperatura; en especial, se observaron en taludes de las partes bajas de los ríos Cali, Meléndez y Lili, en rocas sedimentarias con buzamientos verticales a sub-verticales a favor de la pendiente.

Los *deslizamientos*, se refieren a desgarres de corte a lo largo de una o varias superficies inclinadas, y pueden ser rotacionales o planares.

Los *deslizamientos rotacionales* se producen cuando la superficie de falla es una curva, cuyo centro de giro se halla por encima del centro de gravedad de la masa en movimiento. En este caso la resistencia al corte aumenta con la profundidad y el movimiento no es estrictamente circular si no que ocurre por varios factores como el agua y el cambio de pendiente sobre materiales residuales como los suelos lateríticos que tienden a almacenar grandes cantidades de aguas y al estar en contacto con un material más denso (

insaturado ) tienden a fallar, ejemplo de esto es la ladera derecha de la vía Los Cristales - Yanaconas.

El *deslizamiento traslacional o planar* se sucede cuando la masa se desplaza, hacia afuera o abajo, a lo largo de una superficie más o menos plana, con poco o nada de movimiento de rotación; están controlados por zonas de debilidad (como fallas, planos de estratificación o contactos entre materiales de diferente grado de meteorización, etc.) y, a diferencia de los rotacionales que tienden a estabilizarse por sí mismos, pueden progresar indefinidamente a lo largo de la ladera. En el Alto del Cerro se tiene un movimiento de este tipo, controlado no sólo por planos de estratificación sino por la minería del carbón.

El término *subsistencia* se aplica a un tipo de remoción en masa, que puede ser *rectangular o cubeta de hundimiento* y *circular o sinkhole*; en el área de estudio, la primera se encuentra asociada con desplomes del material en guías y cruzadas de las minas de carbón y la segunda con pozos de ventilación. Estos fenómenos se presentan en el Alto del Cerro, en el barrio Carlos Pizarro León Gómez y en la vertiente izquierda de los ríos Meléndez y Lili.

La actividad antrópica constituye el factor erosivo predominante en el área de estudio. Se destaca la explotación artesanal de la mayor parte de las vetas de carbón, de las diabasas y areniscas, actividades en donde no se complementa con uso adecuado de los suelos, ni reforestación y/o obras de conservación de suelos. Esto es apreciable en los barrios San Francisco, Alto de Los Chorros y Bellavista, en donde no se cuenta con una explotación racional que permita la recuperación de los terrenos al finalizar los trabajos.

Estas explotaciones tanto de carbón como de rocas, produce un cambio en el drenaje natural, caída de bloques y vibraciones (por causa de las explosiones), las cuales afectan las edificaciones en los sectores aledaños.

La construcción de vías sin las adecuadas obras de drenaje complementarias ( FOTOGRAFIA C 6 a C 9 ), o sin la localización de obras de arte y sin el mantenimiento debidos, como en Cristo Rey - Yanaconas, Cali - La Buitrera, accesos a las minas de los



ríos Lili y Meléndez, producen deslizamientos de suelos que, rápidamente, degeneran en cárcavamientos al favorecer el escurrimiento concentrado.

El uso inadecuado de los suelos, especialmente el sobrepastoreo, desestabiliza las laderas como en las vertientes del río Meléndez. Se afectan como en el Alto del Cerro, y los cerros vecinos a éste y la vía a Yanaconas.

La deforestación y las quemas se han considerado como factores erosivos al modificar las condiciones de los suelos, haciéndolos susceptibles de erosionarse; estas prácticas se suceden en todos los cerros de la ciudad.

### **3.1 Río Cali**

Este proceso físico es característico de la Cuenca del Río Cali, especialmente entre su nacimiento y la subcuenca Cali - Felidia, donde se han identificado unas 3765 Has. con algún grado de erosión, de las cuales 394 Has. presentan erosión severa, de acuerdo con el Estudio Semidetallado de Erosión de la Cuenca de los Ríos Aguacatal, Cali, Meléndez y Pance adelantado por la C.V.C.

Los factores que inducen este proceso son geológicos, edáficos, topográficos, hidroclimáticos y antrópicos, entre los cuales se identifican el acentuado deterioro por acción del hombre, principalmente por la explotación de canteras y la construcción de vías carretables sin las especificaciones requeridas.

En el sector urbano, a la altura del barrio Bellavista, ocurren desprendimientos de tierra cuando un talud de pendiente fuerte se rasga en material de cualquier tamaño. Aquí también se destaca la explotación artesanal de la mayor parte de las vetas de carbón de las diabasas y las areniscas, actividades donde no se complementa con uso adecuado de los suelos.

De acuerdo con el referido Estudio de la C.V.C., se presentan zonas de erosión muy severas hacia los lados de Terrón Colorado antes del entrecruce con el Río Aguacatal, y parte del barrio Bellavista, debido a las canteras que producen aportes de sedimentos durante lluvias torrenciales. En el Barrio Normandía existe un antiguo deslizamiento, el cual ha tenido movilizaciones puntuales por obras de ingeniería y edificaciones que se han construido en sus inmediaciones.

En la parte alta entre el Barrio Terrón Colorado y Patiobonito la erosión es aislada pero severa, debido a corredores viales, al acercamiento de las casas al cauce del río y al uso recreacional que poco a poco ha ido abriendo brechas que deslizan el terreno.

### **3.2 Río Meléndez**

En la parte alta de la cuenca, la acción de los desmontes y la dedicación de los suelos a cultivos y/o pastos, ha producido erosión laminar y fenómenos de remoción en masa, en la forma de deslizamientos y derrumbes. La erosión severa se presenta en la primera parte de la cuenca, con hundimientos producidos por la explotación del carbón y por la intensa tala y sobrepastoreo, observándose un paisaje semiárido.

El tipo de erosión que presenta esta zona, específicamente en la vertiente izquierda del río, es la llamada remoción en masa, de hundimiento asociada a desplome de material en guías y cruzadas de las minas de carbón.

### **3.3 Río Lili**

La categoría de erosión que presenta este río en su parte alta es severa, debida a que existen 11 minas de explotación de carbón, de las cuales sólo dos tienen viabilidad técnica y ambiental. Tal como se enuncia en el aparte correspondiente a usos del suelo, en su margen derecha se encuentra todavía rastros de materiales del carbón, además de la tala indiscriminada de árboles que aumentan el panorama de deforestación de la cuenca.

Además, los accesos a las minas del río por medio de corredores viales sin ninguna especificación técnica, contribuyen aún más a la aridez del terreno. ( FOTOGRAFIAS L 4A a L 6B ).

### **3.4 Río Pance**

La presencia de asentamientos cerca y sobre las riberas de la parte alta de la cuenca constituye un factor generador de procesos erosivos, lo cual se agrava en la parte media, donde adquiere la categoría de erosión muy severa, con desprendimientos masales bastante considerables, cuyos sedimentos son aportados directamente al río. En la parte baja también se presentan problemas de erosión severa y en algunos casos, moderada.

La erosión por presencia de asentamientos humanos está produciendo procesos de socavamiento en el talud, lo cual ha obligado a los pobladores a construir muros de contención, ya que el Río Pance recorre una cuenca muy empinada y de suelos propicios a desprendimientos de masa de tierra, situación que configura las condiciones para que en períodos de lluvia se presenten avalanchas.

### **3.5 Mapa de Procesos Erosivos**

A partir de la información contenida en el Estudio semidetallado de erosión de las cuencas de los ríos Aguacatal, Cali, Meléndez y Pance adelantado por la CVC, específicamente en el Plano 722-12-17 a escala 1:50000, se prepararon los Planos E1, E2 y E3 donde se muestran los procesos de cada una de las cuencas en estudio.

## **4. HIDROLOGIA**

El clima de Cali está controlado por su posición ecuatorial y por la forma y disposición de las cordilleras. El paso sobre la región, dos veces al año, de la zona de convergencia intertropical que puede definirse como una franja de masa de nubes cargadas de vapor de agua, se traduce en dos períodos lluviosos que ocurren entre marzo y mayo y entre septiembre y noviembre. Adicionalmente, la disposición de una enorme masa de aguas cálidas frente al Litoral Pacífico y fenómenos de carácter más global como el "niño" (un cambio cuasiperiódico en el nivel medio de Temperatura del Océano Pacífico), en combinación con otros factores climáticos, hacen que las condiciones de pluviosidad cambien significativamente de año en año.

#### **4.1 Morfología**

Como factor importante para llevar a cabo el análisis hidrológico del área en estudio, es preciso considerar las características morfológicas de las cuencas. En el Cuadro No. II-1 se presenta la información sobre tales características que hacen parte del presente Estudio.

El área de una cuenca hidrográfica no es una variable aleatoria, sino que depende de otras variables geomorfológicas como la litología, el grado de fracturamiento y la hidrología, entre otras. Así, a mayor área, mayor jerarquización de las corrientes, como se presenta en las cuencas del río Cali, Meléndez y Pance, las cuales poseen corrientes hasta de 5º orden.

**Cuadro No. II -1**  
**CARACTERISTICAS MORFOLOGICAS DE LAS**  
**CUENCAS DE LOS RIOS CALI, MELENDEZ, LILI Y PANCE.**

Cuenca	No. de Orden de la corriente					Área Has	Perímetro Km.	Pendiente Principal	Índice de Forma C
	1	2	3	4	5				
<i>Río Cali</i>	376	64	8	2	1	12352	41,1	4° 23'	1,36
<i>Río Meléndez</i>	192	45	9	2	1	3832	35,1	19° 35'	1,69
<i>Río Lili</i>	121	28	2	1	-	1667	19,1	7° 12'	1,40
<i>Río Pance</i>	216	38	7	2	1	8975	46,2	3° 32'	2,36

**Fuente: CVC**

Atendiendo a su área, las cuencas hidrográficas se clasifican en cuatro (4) categorías, tal como se muestra en el Cuadro No. II -2

**Cuadro No. II - 2**  
**CLASIFICACION DE CUENCAS HIDROGRAFICAS**  
**SEGÚN EL AREA**

Área (Has.)	Clasificación
< 100	Pequeña
100 - 500	Mediana
501 -2,000	Mayores
> 2,000	Superiores

El perímetro y la forma están íntimamente relacionados con la litología y la antigüedad de la cuenca. Sobre rocas blandas se desarrollan cuencas redondeadas y sobre materiales duros cuencas quebradas y lobuladas. Las cuencas de los cuatro ríos en Estudio son lobuladas y alargadas, lo cual concuerda con la litología atravesada por sus corrientes de agua, caracterizada por presentar rocas ígneas y sedimentarias poco alteradas. En el Cuadro No. II-3 se presenta la información sobre la forma de las cuencas en función del Índice de Forma C.

**Cuadro No. II -3**  
**FORMA DE LAS CUENCAS EN FUNCION**  
**DEL INDICE DE FORMA**

Indice C	Forma	Cuenca
1.25	Oval - Redonda	Ríos Cali y Lili
1.50	Oval - Oblonga	Río Meléndez
1.75	Rectángulo - Oblonga	Río Pance
2.0	Oblonga - Alargada	

Por deducción aritmética, el Coeficiente de Compacidad o Índice de Forma  $C_f$ , de las cuatro cuencas, es mayor de 1, propio de cuencas alargadas.

## **4.2 Precipitación**

### **4.2.1 Tendencia General de la Precipitación**

El análisis de la Precipitación para el área en estudio se realizó a partir de la información histórica disponible para las siguientes estaciones pluviométricas:

- Estación Planta Río Cali
- Estación Montebello
- Estación San Juan Bosco
- Estación La Fonda
- Estación Univalle
- Estación Planta Río Cauca.

En el Plano de la Figura No. II -1 se muestra la localización de las Estaciones anteriores.

En las Figuras No. II -2 a II -7 se presentan las curvas de variación mensual de la precipitación para diferentes probabilidades y para cada una de las Estaciones consideradas en el análisis.

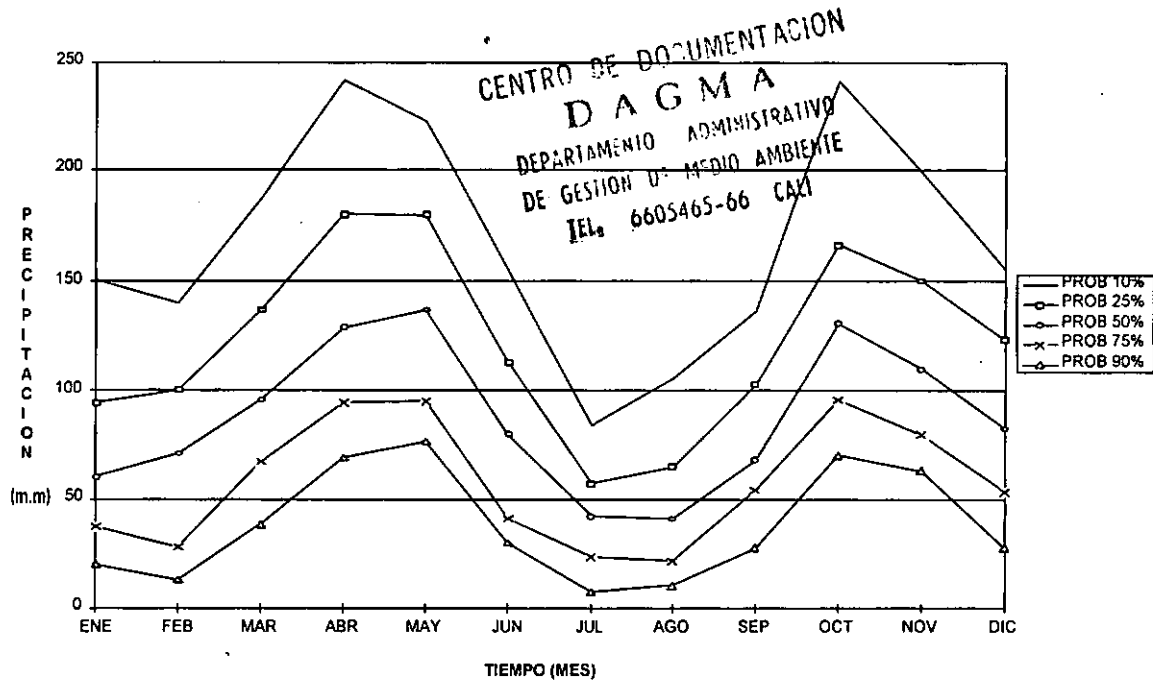


Figura II-2. Curva de la variación mensual de la Precipitación. Estación Planta Río Cali, Periodo 1929 - 1994.

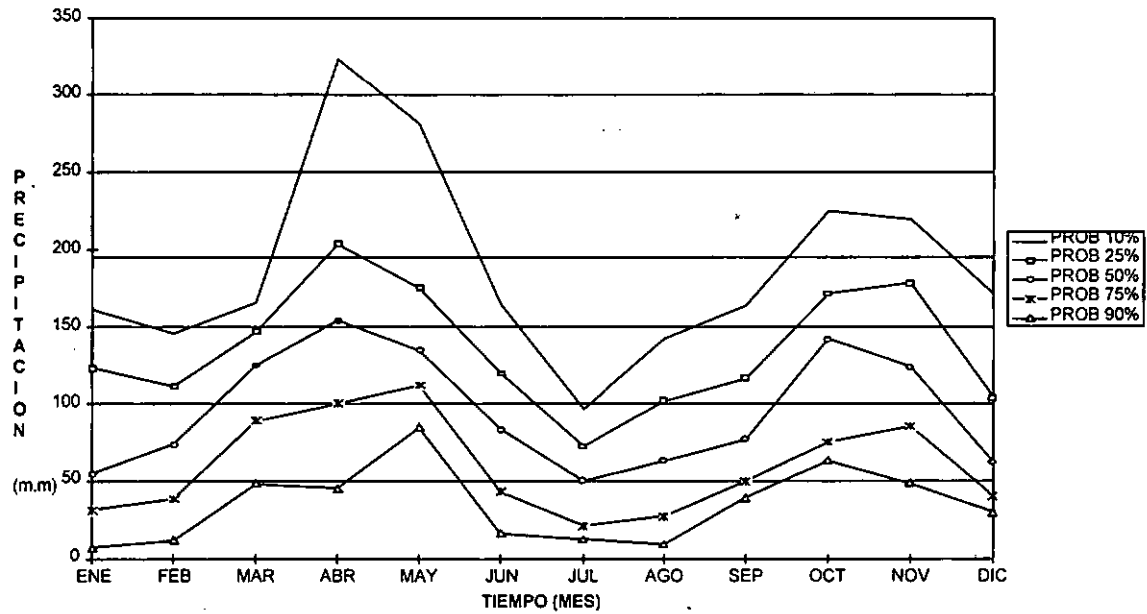


Figura II-3. Curva de la variación mensual de la Precipitación. Estación Montebello, Periodo 1970 - 1994.



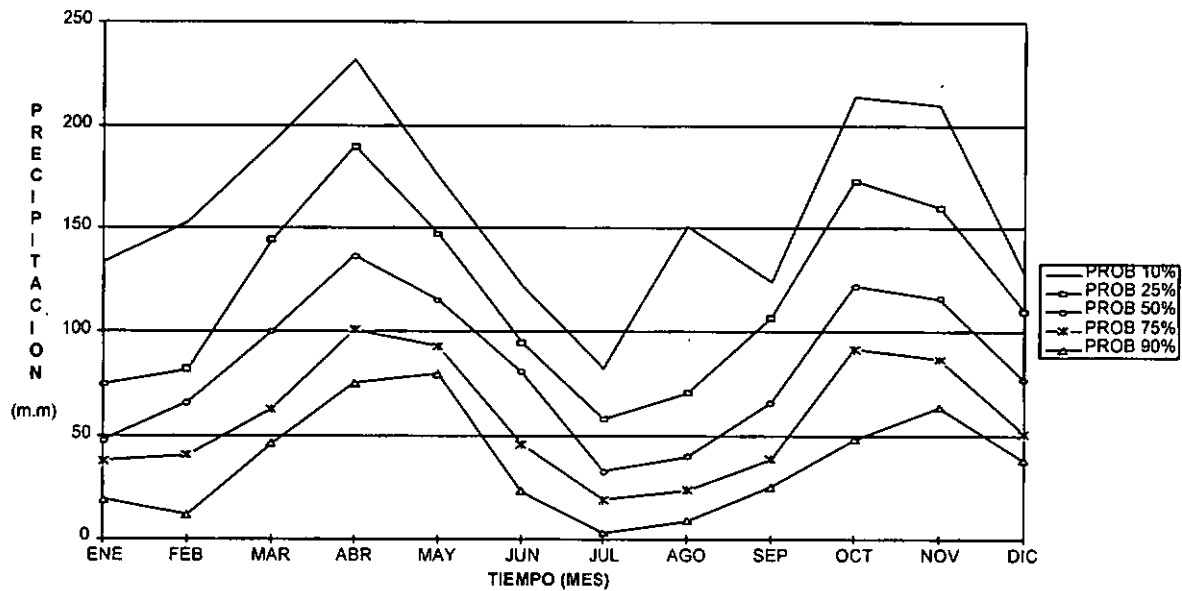


Figura II-4. Curva de variación mensual de la Precipitación. Estación San Juan Bosco, Periodo 1960 - 1994.

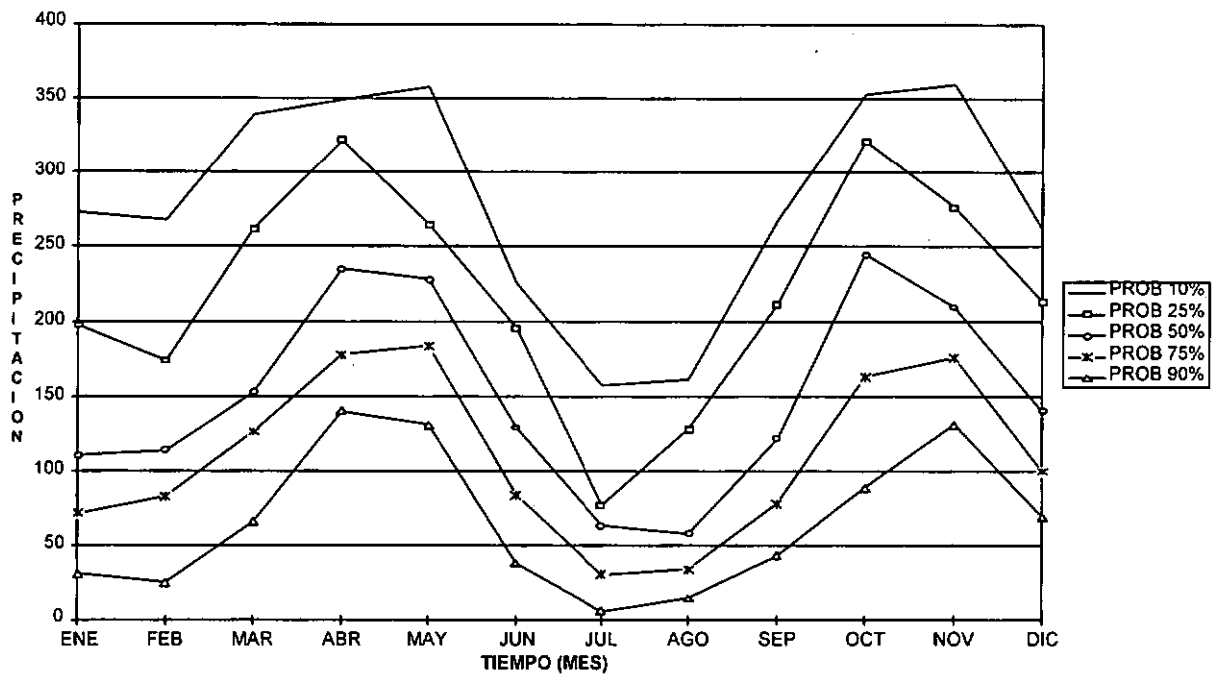


Figura II-5. Curva de variación mensual de la Precipitación. Estación la Fonda. Periodo 1965 - 1994

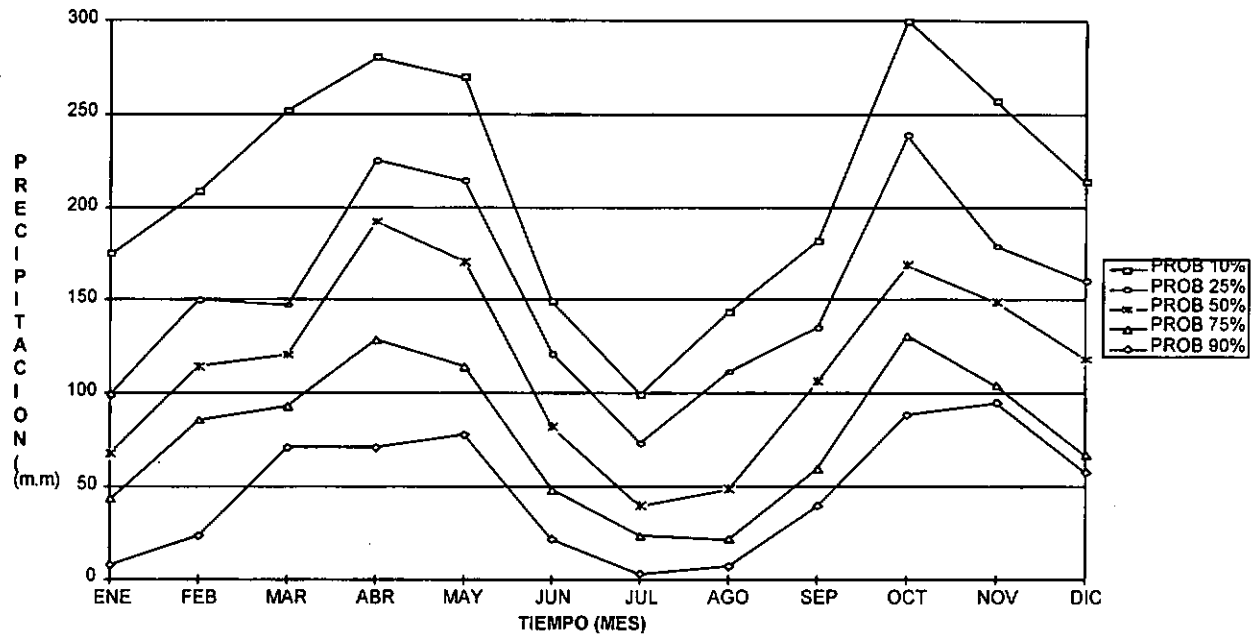


Figura II-6. Curva de variación mensual de la Precipitación. Estación Univalle. Período 1966 - 1994

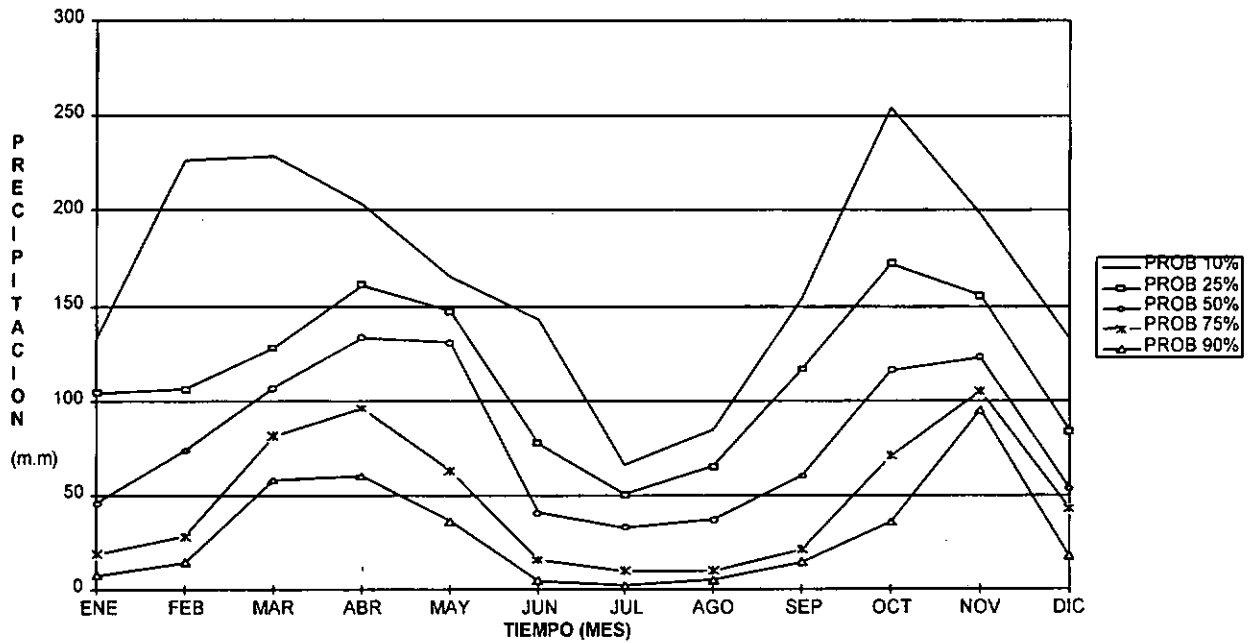


Figura II-7. Curva de variación mensual de la precipitación. Estación Planta Río Cauca, Período 1983 - 1994

A partir de las gráficas construidas sobre variación mensual de las lluvias, se puede deducir que la precipitación muestra un comportamiento similar a todo lo largo del Municipio de Cali, con dos períodos de mayor ocurrencia de lluvias, intercalados con dos períodos de precipitaciones menores, clasificados así:

- Períodos más lluviosos: Abril - Mayo, Octubre - Noviembre
- Períodos menos lluviosos: Enero - Febrero, Julio - Agosto.

El comportamiento de las curvas de precipitación mensual indica los períodos en los cuales se tendrán mayores impactos, como consecuencia de su ausencia o su presencia.

En efecto, mientras que en época de verano pueden ocurrir incendios forestales, los cuales pueden ser propagados por la acción de los vientos, en época de invierno las altas precipitaciones, aunada a la topografía y a la fragilidad de los terrenos, incrementa el riesgo de deslizamientos sobre las zonas de laderas, cercanas a los cauces de los ríos.

#### **4.2.2 Precipitaciones Máximas Diarios.**

Con base en la información diaria de Precipitación registrada en las Estaciones Pluviométricas ubicadas en el Municipio de Cali, la C.V.C adelanta actualmente un Estudio de Precipitaciones Diarias y Mensuales dentro del cual se elaboró un plano de isolíneas de Precipitación Máxima en 24 horas, para un período de Retorno de 2 años. A partir de este plano, se construyeron los planos I-1 - I-2 y I-3 donde se muestran las isolíneas de lluvias diarias para cada una de las cuencas en estudio.

#### **4.2.3 Precipitación Media Anual**

Conjuntamente con las Precipitaciones Máximas Diarias, la Precipitación Media Anual es uno de los factores determinantes en la Evaluación de la amenaza masal.

En el Cuadro No. II - 4 se presenta información sobre Precipitación Media Anual Multianual de algunas de las Estaciones pluviométricas del municipio de Cali, durante el periodo 1983 - 1994.

**Cuadro No. II-4**  
**PRECIPITACION MEDIA ANUAL MULTIANUAL 1983 - 1994**  
**ESTACIONES MUNICIPIO DE CALI**

<b>Estación</b>	<b>Precipitación Media Anual Multianual (mm.) Período 1983-1994</b>
Lloreda	948
La Fonda	2097
La Ladrillera	1609
Las Brisas	1864
Los Cristales	1783
Planta Río Cali	1290
Planta Río Cauca	1017
El Palacio	1645
Univalle	1409
La Quinta	988

**Fuente: C.V.C. - Boletines Hidrometeorológicos**

Con base en el registro histórico de las Estaciones ubicadas en el Municipio, la CVC construyó el mapa de Isoyetas Medias Anuales del municipio de Cali, a partir del cual se prepararon los Planos PMA-1, PMA-2 y PMA-3 donde se muestran las isolíneas de precipitación media anual para la zona de influencia de cada uno de los ríos en estudio.

### 4.3 Caudales

#### 4.3.1 Caudales Medios Mensuales

El conocimiento del comportamiento de los caudales de los ríos es importante para entrar a evaluar posteriormente, la amenaza por inundación.

Basados en la información registrada a lo largo de varios años por las Estaciones que la CVC tiene en los ríos en estudio y utilizando métodos estadísticos se determinaron los caudales medios mensuales multianuales para cada uno de los ríos en estudio.

Las Figuras No. II-8 a II 11 muestran las Curvas de Variación Mensual de Caudal para cada uno de los ríos de interés.

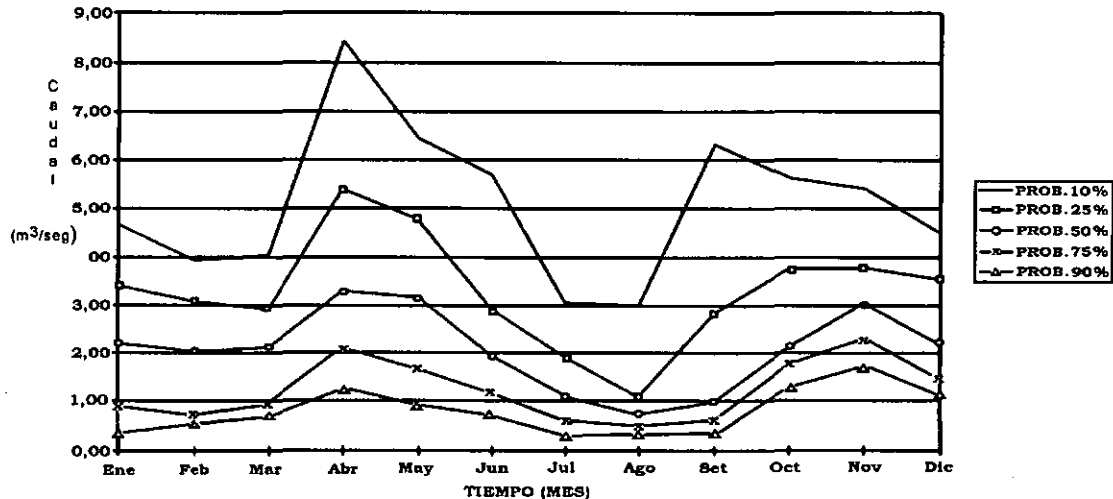


Figura No. II-8 Curvas de Variación Mensual de Caudal para el río Pance. Estación Comfamiliar, Período 1978-1992.

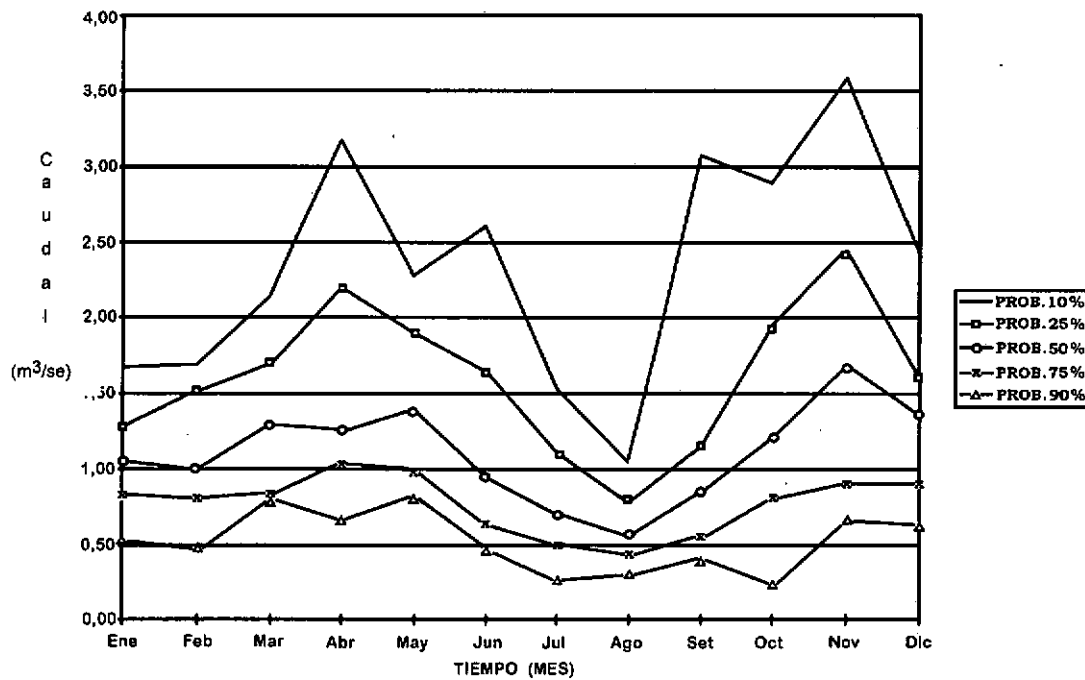


Figura No. II-9 Curvas de Variación Mensual Caudales Río Lili, Estación Cañasgordas. Período 1983-1994.

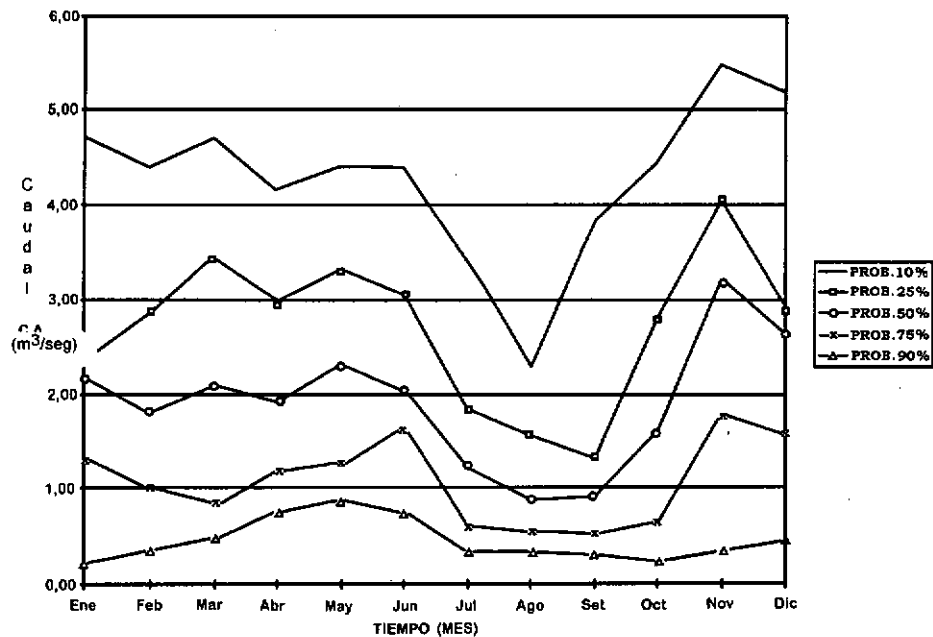


Figura No. II-10. Curvas de Variación Mensual de Caudal para el Río Meléndez, Estación Calle 5ª

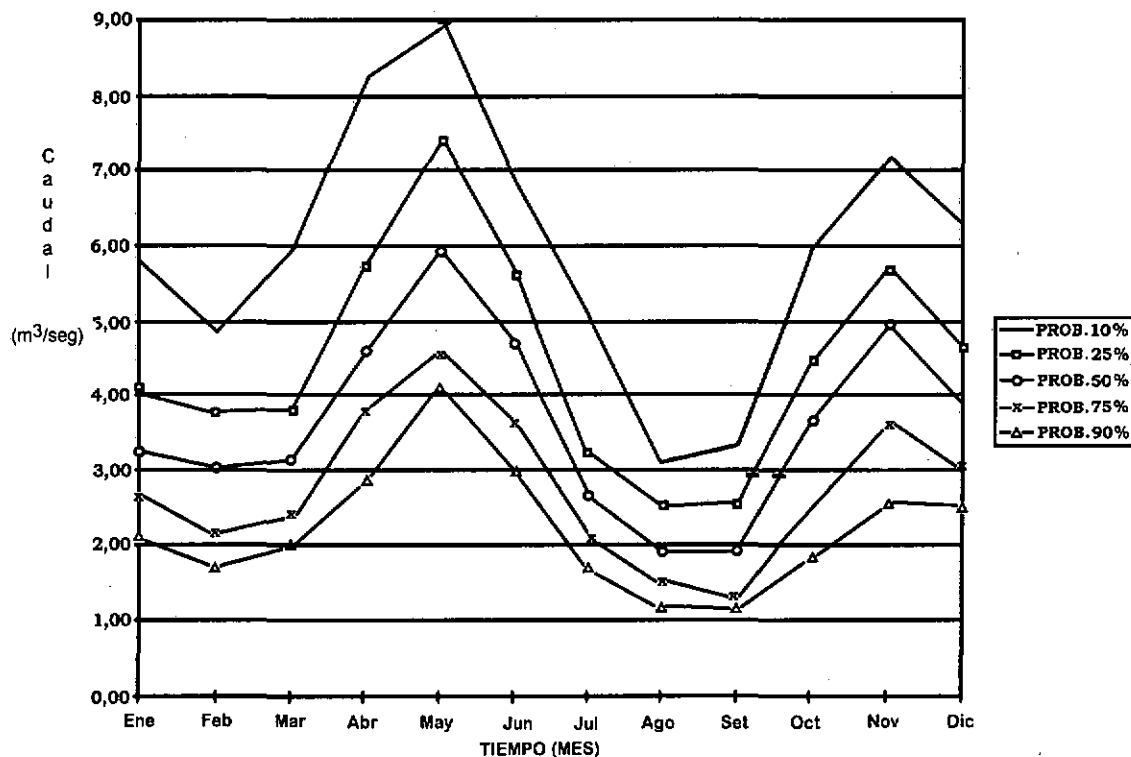


Figura No. II-11 Curvas de Variación Mensual de Caudal para el Río Cali. Estación Bocatomá. Período 1946 - 1994.

La importancia de estas curvas radica en que permiten visualizar los períodos en que cada uno de los ríos producen los mayores riesgos, debido al comportamiento de caudal.

Así, los mayores volúmenes de escorrentía, generadas en épocas invernales provenientes de los cerros que poseen una pendiente  $\geq 45\%$ , ocasionan en las zonas suburbanas y en la parte media de los ríos problemas de derrumbes y deslizamientos haciendo aún más vulnerable las viviendas e infraestructuras localizadas en las riberas.

Durante los períodos de caudales bajos, los ríos poseen menor capacidad de arrastre de basuras y escombros, así que los depósitos de escombros superficiales empiezan a ser parte de las formaciones geológicas superficiales.

Otro de los mayores riesgos que se producen durante los meses de caudales altos, son los desbordamientos que ocasionan inundaciones en las zonas bajas, originados principalmente por el deterioro de la cobertura boscosa de las cuencas y el cambio en el uso del suelo con fines urbanísticos, trayendo consigo la mayor producción de escorrentía, por las lluvias que caen en la zona de las laderas.

En resumen, los períodos de caudales bajos y extremos a tener en cuenta para la evaluación de la amenaza por inundación son los siguientes:

- Caudales mínimo : Febrero - Marzo
- Caudales Moderadamente altos: Abril - Mayo.

Las curvas de variación mensual de los caudales en los cuatro ríos muestran dos períodos de caudales bajos que son consecuencia de la ocurrencia de lluvias y son correspondientes a los meses de Enero - Febrero - Marzo - Julio - Agosto - Septiembre en tanto que se esperan caudales más altos Abril - Mayo - Octubre - Noviembre - Diciembre.

#### **4.3.2 Caudales Extremos Históricos**

Otro factor a tener en cuenta en la evaluación de la amenaza por inundación es el comportamiento de los caudales extremos históricos de los ríos, determinado a partir de la información registrada en las diferentes Estaciones pluviométricas que la C.V.C tiene instaladas en cada río.

En las Figuras No. II-12 a II-15 se presentan los caudales medios y extremos que se han registrado en los diferentes ríos en estudio.



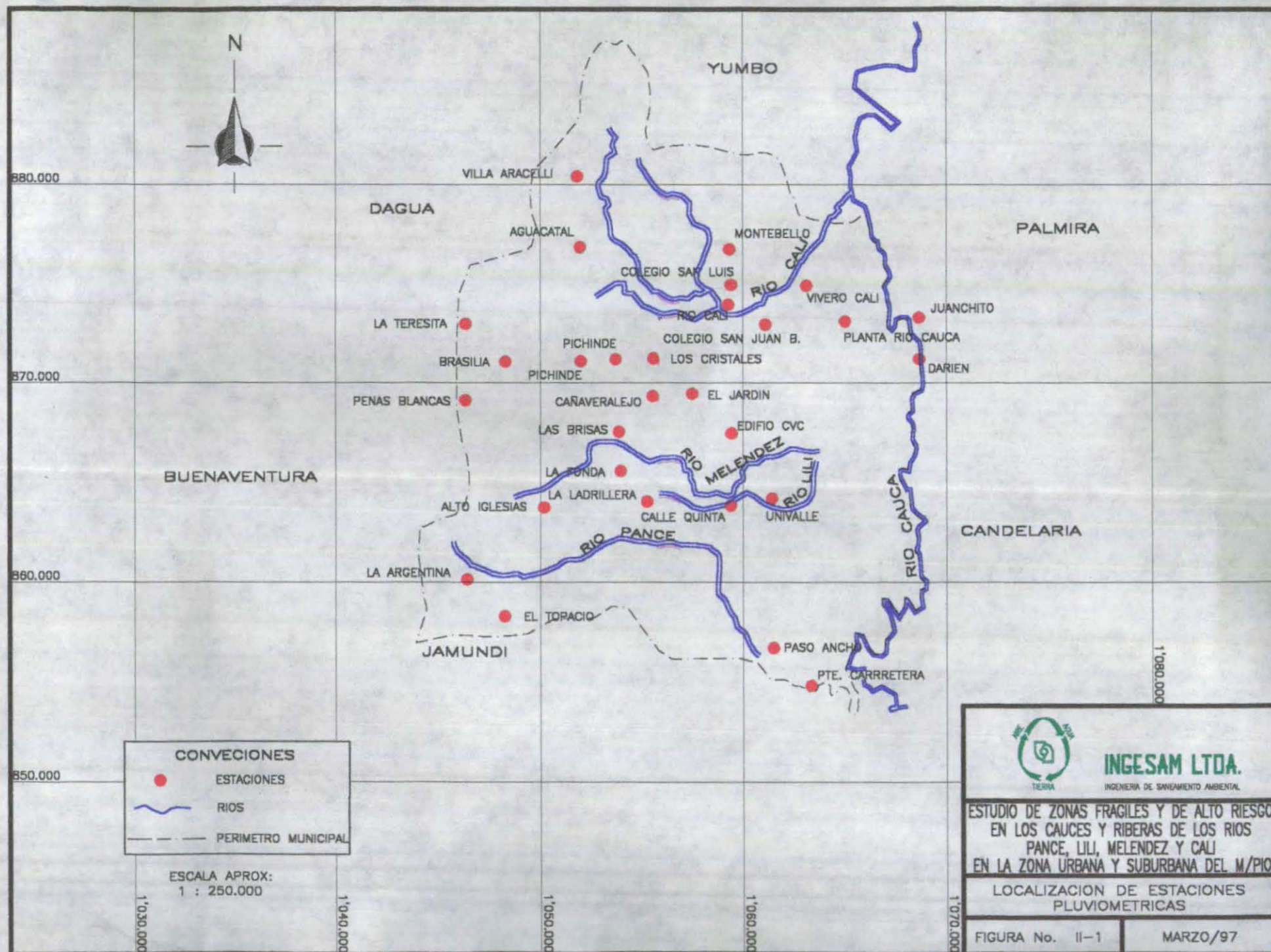
Como se puede apreciar, los máximos caudales históricos para los ríos en estudio guardan una relación directa con los periodos de ocurrencia de las máximas precipitaciones; se anota sin embargo que en algunos casos, principalmente en la cuenca del río Cali, se han presentado eventos de caudales máximos por fuera de dichos periodos, tal como se relaciona en el Cuadro No. II-5

**Cuadro No. II-5**  
**CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS DEL RIO CALI**  
**ESTACION BOCATOMA DE SAN ANTONIO**

Fecha	Caudal Máximo m <sup>3</sup> /seg
Julio 1984	193.0
Junio 1964	169.0
Marzo 1974	165.4
Mayo 1962	161.9
Septiembre 1973	161.0
Julio 1986	143.0
Mayo 1961	141.7
Febrero 1950	125.0
Octubre 1986	91.0
Abril 1978	85.0
Mayo 1978	83.8
Junio 1962	83.7
Febrero 1974	77.8
Diciembre 1987	76.6

**Fuente: Emcali y C.V.C.**

Basado en los caudales máximos registrados en la Estación Bocatoma del Río Cali, en un reciente Estudio Hidrológico (realizado por Carvajal en 1985 y citado por ASOAMBIENTE LTDA. en el Estudio de Caracterización Hidrológica y de Calidad de Aguas de los Ríos de



Cali, ejecutado en 1996) se calcularon los Caudales Máximos Instantáneos esperados en el río Cali a la altura de la Bocatoma del Acueducto de San Antonio, para diferentes periodos de retorno. Los valores obtenidos se presentan en el Cuadro No. II-6

**Cuadro No. II-6**  
**CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ESPERADOS EN EL RIO CALI**  
**BOCATOMA ACUEDUCTO DE SAN ANTONIO.**

Período de Retorno (años)	1	5	10	20
Caudal Instantáneo Máximo (m <sup>3</sup> /s)	45	90	121	164

En un Estudio adelantado en 1994 por el Ing. Guillermo Regalado H. se identificaron los tramos o sitios donde se puede desbordar el Río Cali para crecientes con periodos de recurrencia de 1:50 años, en promedio. Los caudales máximos encontrados en el citado Estudio, se muestran en el Cuadro No. II-7.

**Cuadro No. II-7**  
**CAUDALES MAXIMOS DEL EL RIO CALI**  
**DESPUES DE LA CONFLUENCIA CON EL RIO AGUACATAL**

Período de Retorno (años)	10	20	30	50	100
Caudal Esperado (m <sup>3</sup> /s)	158.4	199.1	224	256.7	303.6

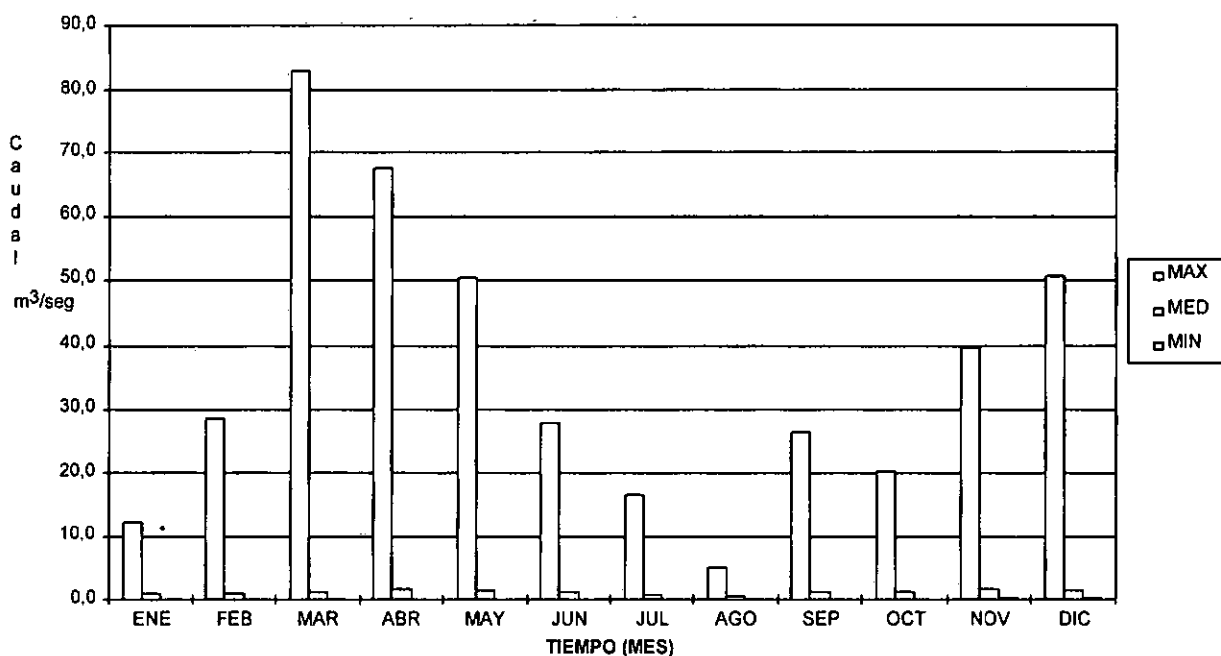


Figura II-12. Valores medios y extremos históricos de caudal. Estación Cañasgordas, Río Lili, periodo 1983 - 1994.

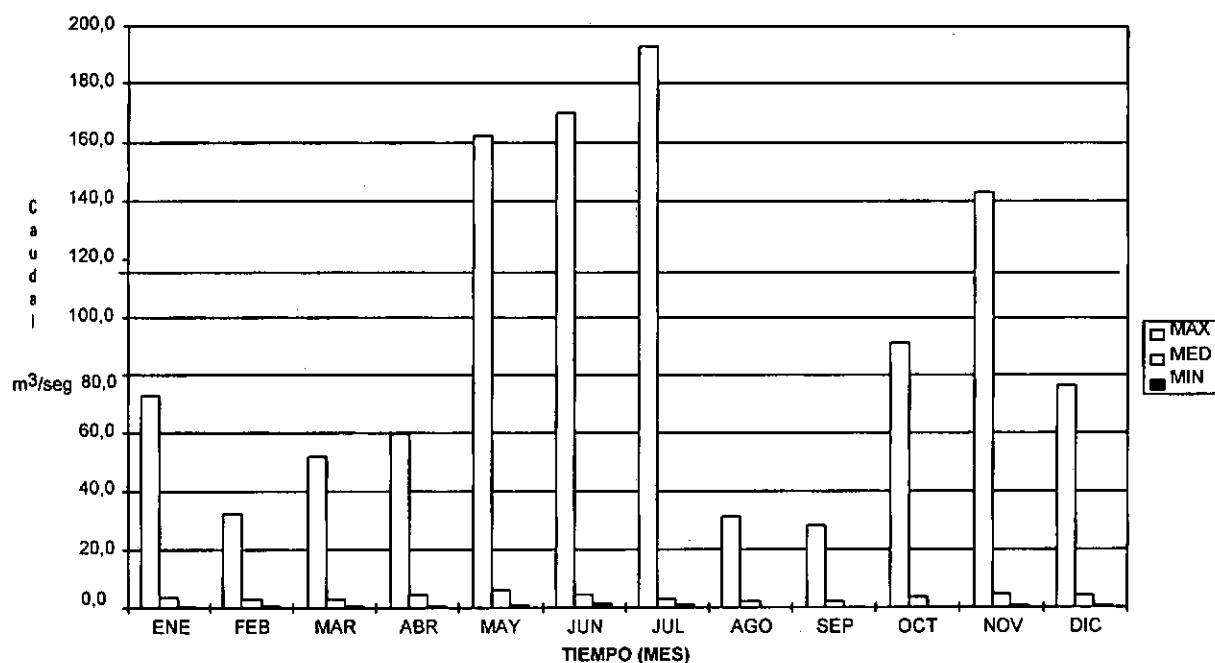


Figura II-13. Valores medios y extremos históricos de caudal. Estación Bocatoma, Río Cali, periodo 1946 - 1994.

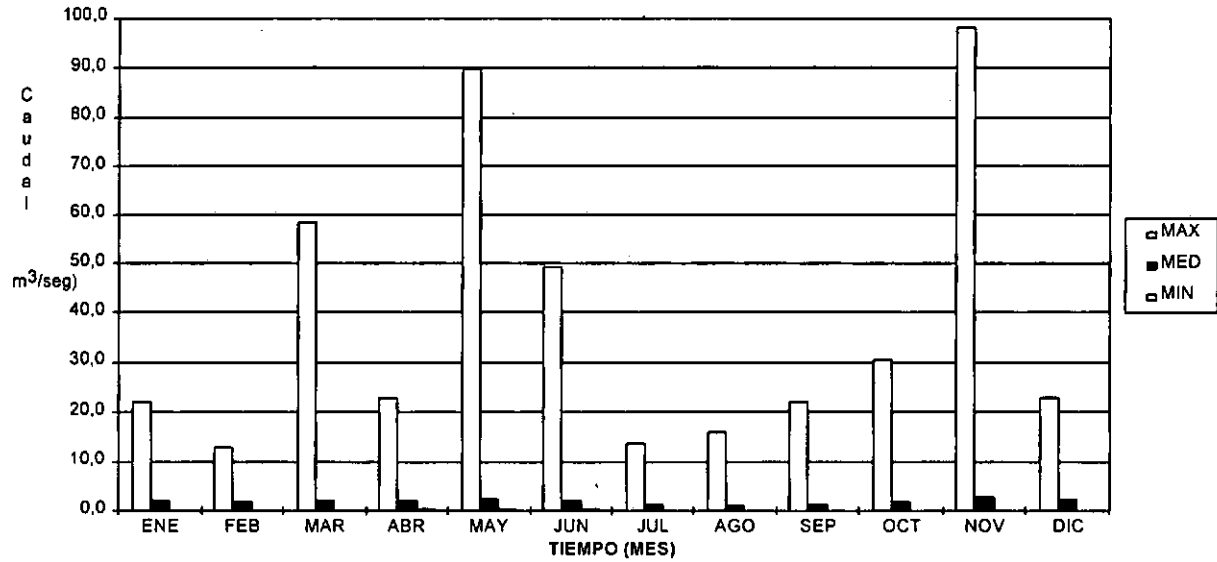


Figura II-14. Valores medios y extremos históricos del caudal. Río Meléndez, Estación Calle Quinta. Periodo 1983-1994.

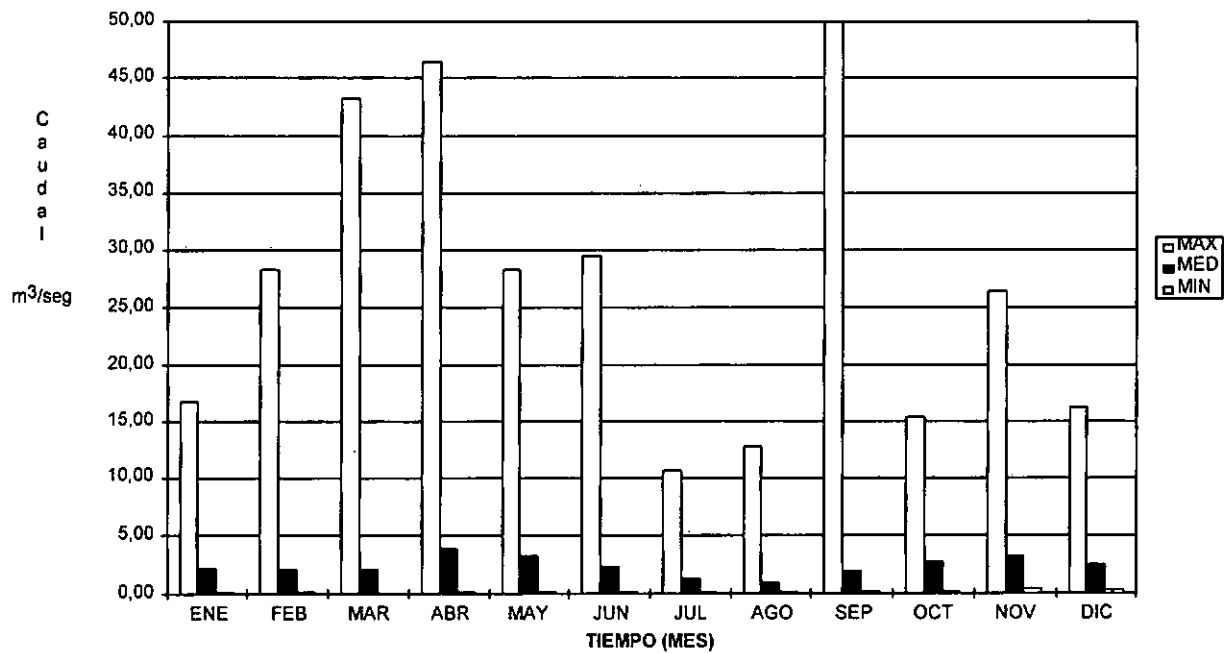


Figura No. II-15 Valores medios y extremos históricos de caudal, Río Pance. Estación Comfamiliar, Periodo 1978 - 1990.

#### **4.4 Áreas de Inundación**

Sólo hasta alrededor de los años de 1950 cuando se creó la CVC, el gobierno se preocupó por iniciar las obras de canalización y de contención de las crecientes periódicas del río Cauca. A partir de entonces, se han llevado a cabo una serie de obras de protección a lo largo de los cauces de los ríos Cali, Meléndez, Lili y Pance, las cuales de una forma u otra han subsanado algunas de las amenazas que representan las inundaciones. Sin embargo, son muchos los trabajos que hacen falta para terrenos aledaños a los ríos, que aún son inundables.

Las inundaciones varían de acuerdo con las condiciones topográficas y geológicas de la cuenca y pueden ser de los siguientes tipos:

##### **4.4.1 Inundación en Cuenca Montañosa**

Sucede en zonas de alta pendiente y se le conoce como "crecidas instantáneas". Se caracterizan por tener una corta duración y un comienzo súbito. Aunque los daños ocurren en áreas limitadas, su alto contenido de material de arrastre y alta velocidad de flujo, ocasionan por lo general, desastres de consecuencias fatales.

Las cuencas de alta pendiente y bajos índices de infiltración poseen tiempos de concentración muy cortos, razón por la cual, intensas precipitaciones pueden ocasionar crecidas instantáneas, como resultado de la gran cantidad de agua de escorrentía disponible. Este tipo de inundación se ha manifestado en las partes altas de las cuencas de los ríos Lili, Pance (en la vecindad de la confluencia de las quebradas La Castellana y El Pato) y, ocasionalmente, en la cuenca del río Meléndez.

Por el contrario, las cuencas de alta pendiente, de suelos de origen volcánico con altos índices de infiltración, pueden retener mayores cantidades de agua y evitar escorrentías que pueden generar inundaciones. Sin embargo, estas áreas son muy vulnerables a la

erosión debido a su naturaleza geológica y a las propiedades mecánicas de sus suelos y, por lo tanto, son fuente de varias amenazas tales como deslizamientos, erosión de cauces y flujos de lodo. Ejemplo de esta situación se presenta en la parte baja de la cuenca del río Aguacatal (la cual no hace parte de este Estudio), en su confluencia con el río Cali.

#### **4.4.2 Inundación en Valles**

En los valles y conos aluviales, la carga de sedimentos de las zonas montañosas es depositada en los lechos de los ríos, elevando su nivel. Al mismo tiempo, la gran cantidad de escombros y material vegetal provenientes de deslizamientos localizados en las cabeceras de las cuencas, son detenidos y atrapados por puentes o acumulados en los canales. Como resultado de lo anterior, las crecientes tienden a fluir en forma desordenada produciendo efectos dañinos en las orillas del cauce o sus diques, donde éstos existen. Más aún, si una creciente llega a romper un dique, el área puede afectarse seriamente por un violento flujo de lodo. Esta situación se ha presentado frecuentemente en las partes bajas de los cauces de los cuatro ríos que hacen parte de este Estudio en especial, en el río Pance.

#### **4.4.3 Inundación en Llanuras**

Se caracterizan principalmente por su amplia cobertura y larga duración. Generalmente la duración de las inundaciones en los tramos bajos de un río es mucho mayor que aquella de los tramos altos, debido a la atenuación de la onda de crecida a medida que se desplaza aguas abajo por el cauce. Por lo tanto, los daños causados por inundaciones en las llanuras aluviales pueden ser mucho más severos que los que se presentan en las cuencas montañosas y valles.

#### 4.4.4 Historial de Inundación, Crecientes y Avalanchas

En general, la información que se encuentra acerca del historial de la inundación es muy parcial, debido principalmente a deficiencias en el mantenimiento de archivos. A partir de reportes de prensa, de memoria y de tradición oral, el OSSO preparó unos gráficos donde se relacionan el No. de inundaciones ocurridas en la ciudad durante el período 1950 - 1993. Estas gráficas se muestran en las Figuras No. II-16 y II-17.

En dichas gráficos se observa que se presenta un incremento de inundaciones desde la década pasada, cuyos efectos sin embargo han sido mitigados con la construcción de obras de canalización y protección, así como con la construcción y puesta en funcionamiento del embalse de Salvajina en el río Cauca.

El fenómeno de las crecientes y avalanchas del río Cali ha tenido una enorme importancia para el área urbana de la ciudad adyacente al cauce del río. El interés en la solución de este problema data de hace más de 20 años, cuando el Ingeniero Espíritu Santo Potes elaboró un Estudio para controlar las crecientes del río Cali, mediante la construcción de una presa cercana a la confluencia de la Quebrada El Cabuyal con el río Cali. A partir de una revisión de archivos de prensa desde 1960, consignada en el Cuadro No. II-8, se puede deducir que el fenómeno ha tenido repercusiones en variado grado sobre el área urbana adyacente al río.

El cono aluvial alto y parcialmente disectado del Pleistoceno perteneciente a la Formación Jamundí, el cono aluvial de edad Cuaternario tardío localizado en margen izquierda del Río Pance y al Oriente de la Quebrada Hoyo Frío, la geomorfología y depósitos recientes actuales en el canal del Río Pance, son indicativos del carácter torrencial de esta cuenca y de su historia geológica durante el Cuaternario. Está caracterizada por crecientes y depósitos de volúmenes y áreas de influencia importantes, que evaluados desde el punto de vista de sus efectos sobre vidas y obras, han tenido el carácter de catastróficos.



# HISTORIAL DE INUNDACION

Figura II-16

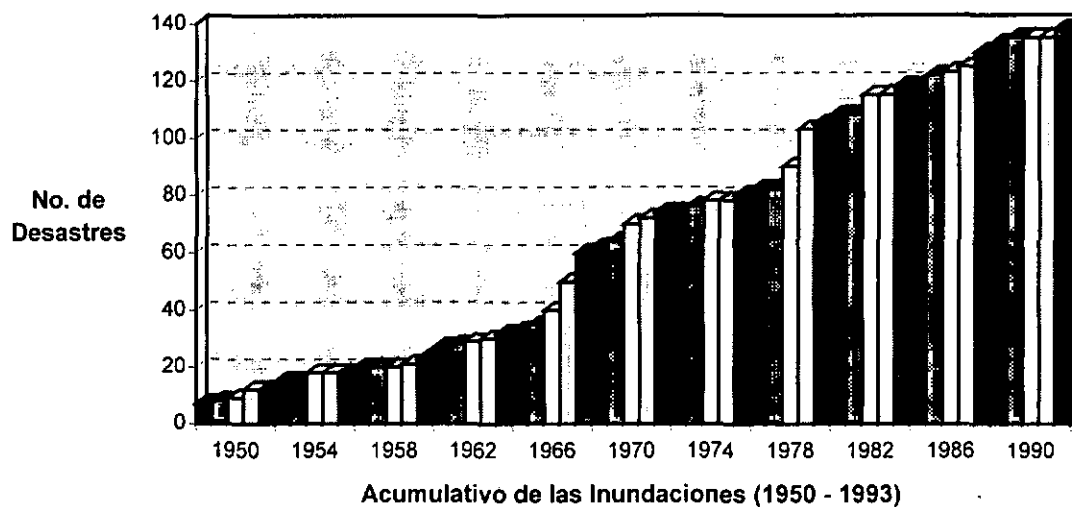
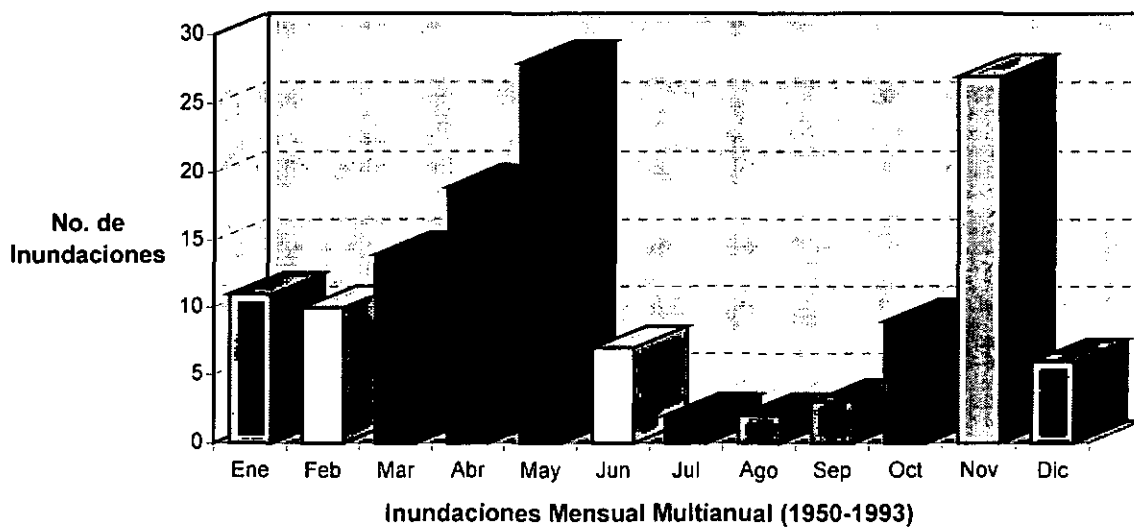


Figura II-17



**Cuadro No. II-8**  
**REVISION DE INFORMACION SOBRE CRECIENTES Y AVALANCHAS EN EL RIO**  
**CALI**

<b>FECHA</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>FUENTE</b>
05/11/61	Creciente, afectados los barrios adyacentes	EL PAIS
03/10/62	Crecientes; efectos sobre el barrio Olaya Herrera	EL PAIS
06/23/64	El río Cali se desborda a la altura de la calle 30	EL PAIS
05/21/71	Creciente del río Cali; se habla de 50 casas destruidas	EL PAIS
10/05/73	Fuerte Aguacero y creciente; daños en la bocatoma del Acueducto San Antonio.	EL PAIS
07/09/84	Creciente del río Cali; daños en el CAM. Más de 200 millones de pérdidas solo en el CAM.	EL PAIS
07/-86	Desbordado el río Cali; daños en Bocatoma de San Antonio, Zoológico, Santa Rita, Santa Teresita, La Isla.	EL PAIS
01/08/87	Dragarán el Río Cali entre la calle 44 y sus desembocadura al río Cauca a fin de evitar inundaciones	EL PAIS
01/08/88	En creciente reciente, zona de erosión amenaza al Zoológico.	EL PAIS
10/14/89	Desbordados ríos Aguacatal y Cali, erosión concentrada a partir de escombros de cantera El Diamante	COE

Las características de torrencialidad de la cuenca del río Pance son provocadas por el alto gradiente hidráulico existente, los movimientos de masa, (deslizamientos, caídas de roca, pequeñas avalanchas) y los procesos de modificación de la cubierta vegetal.

La creciente de tiempos históricos recientes indican que se mantiene ese carácter consecucional, potencialidad destructora de obras y vidas, situadas con un alto grado de exposición con respecto al canal del río y el área de influencia de sus crecientes y depósitos asociados.

Datos históricos parciales indican la presencia de una creciente fuerte cada diez años, en el río Pance lo que es un factor importante a tener en cuenta en el análisis de las amenazas por inundación. Dichos datos, tomados de una revisión de archivos de prensa, son los siguientes:

- Creciente en la década de 1930
- Creciente a finales de la década de 1950.
- Crecientes durante la década de 1960
- Creciente del 7 de Octubre de 1972, durante la época invernal. Produjo daños en la población de Pance y varios muertos.
- Las crecientes de Septiembre de 1988 produjo 10 muertos entre los visitantes procedentes de Cali que utilizan el río con fines de recreación. Las personas alcanzaron a refugiarse en un bloque de basalto situado en el medio del río, pero la creciente alcanzó ese sitio (aguas arriba de La Vorágine) y pasó por encima del bloque.
- En enero de 1997 se presentó nuevamente una creciente del río, dejando como saldo una persona muerta, que en ese momento utilizaba el río como sitio de recreación.

## **5. USOS DEL SUELO**

Se puede decir que la herramienta más antigua de la planificación urbana en el mundo ha sido la denominada zonificación, que pretende el ordenamiento de las actividades en el territorio mediante la definición y reglamentación de los usos del suelo.

El uso del suelo se reglamenta asignando usos principales y usos complementarios a las porciones territoriales, según las necesidades de tierra requeridas para la realización de cada actividad en el futuro y según políticas que persiguen mejorar el nivel de vida y la calidad del ambiente.

En el Municipio de Santiago de Cali, se puede decir que el 50% de su territorio ha sido utilizado clandestinamente sin ninguna clase de macrozonificación. La ciudad se inició y desarrolló durante casi 400 años sobre suelos de buenas propiedades geotécnicas, en el denominado cono de Cali. De hecho, las avenidas torrenciales del río Cali, las inundaciones del río Cauca y sus afluentes, y los terremotos, fueron hasta hace poco los fenómenos de origen geológico más importantes en la ciudad. Sin embargo, a partir del inicio de la urbanización de sectores de piedemonte sub-urbanos, los deslizamientos se han vuelto cada vez más frecuentes.

Los problemas identificados de inestabilidad de vertientes en la ciudad ocurren en todas las unidades geológicas dibujadas, principalmente asociados a procesos de urbanización sobre pendientes moderadas a fuertes, por cortes (banqueos, terraceos, sobreempinamiento de taludes), por deforestación de las laderas, explotación de yacimientos minerales, por vertimientos de los desechos etc., situación que se presenta en la mayoría de los ríos en estudio, cuyos malos usos del suelo han conllevado a los problemas identificados anteriormente.

Tomando como base el Estudio sobre los usos del suelo en las Riberas de los Ríos del Municipio de Cali, elaborado por el CELA para el DAGMA en Marzo de 1996, lo mismo que reconocimientos de campo, se presenta a continuación una descripción sobre la

situación actual de los usos del suelo para el área de influencia de los ríos Cali, Meléndez, Lili y Pance. Esta información se vació posteriormente en planos de los ríos, formando así los planos de usos del suelo, identificados como US1-US2 y US3, los cuales aparecen en el Anexo de planos.

### 5.1 Río Cali

La parte alta de la cuenca, por ser Parque Nacional Natural, no admite ningún uso de actividades humanas; sin embargo, actualmente se ha dado una creciente actividad humana en el parque, con la construcción de viviendas y la dedicación de áreas para la agricultura alrededor de asentamientos humanos ubicados dentro de su jurisdicción. La apertura de vías, el uso del bosque con fines domésticos o para la venta y la destrucción de la vegetación natural para la construcción de nuevas viviendas, está deteriorando de una forma rápida la parte alta de la cuenca, a tal punto, que ya se encuentran quebradas secas que anteriormente se usaban para abastecimiento humano.

La presión que ejerce la población de la zona urbana, sobre la zona del parque, está causando un impacto muy grande en los recursos naturales de la región. La zona de reserva forestal se está usando para la agricultura y con fines recreativos, tanto en la construcción de viviendas para este fin, como para la recreación en quebradas durante los fines de semana. Toda la parte baja está presentando grados de erosión muy altos y la presencia de pastizales y pajonales ocasionan en verano incendios forestales que deterioran aún más las áreas de protección del río Cali.

Entre las cotas 1200 y 1100 m.s.n.m. (parte alta) el río está bien protegido por bosque natural, bosque secundario y rastrojo bajo y alto; la zona de reserva forestal se utiliza, en la parte baja, como corredor vial.

Hacia el Bosque Municipal, la vegetación está compuesta por bosque en galería, pastos, rastrojo alto y bajo y vegetación arbórea nativa y cultivada; un poco más arriba se

localizan los asentamientos Atenas y Palermo, este último con claros índices de expansión.

Ya hacia la calle 5ª se observa el predominio de construcciones de altura. La zona de protección donde el río se comprime por vías laterales de los barrios Santa Rita y Santa Teresita, la vegetación la conforman árboles y prado en buen estado. Debido al aumento de la pendiente en el talud del río, a consecuencia del uso de áreas contiguas como corredores viales, se presenta, aunque de manera muy puntual, desprendimientos del suelo que dejan al descubierto las raíces de algunos arboles de la ribera.

En general hasta la calle 25, límite del recorrido histórico del río, éste se encuentra bien protegido con vegetación arbórea y pastos.

Desde la calle 25 y de aquí hasta la calle 34, el río se encuentra bien protegido por vegetación en galería constituida por rastrojo alto y bajo, pastizales y árboles. Solo en espacios cortos se empobrece la flora de las riberas debido a basuras y escombros que se depositan en las riberas y aguas del río.

Se presentan como asentamientos subnormales los barrios La Isla y Camilo Torres en la margen derecha del río, donde son muy comunes los depósitos de escombros y la proliferación de basuras domésticas.

A partir de la calle 52 el río se encuentra en mal estado de conservación; poco a poco el área se está convirtiendo en escombrera, presentando también erosión en los taludes.

Entre la Calle 70 y la desembocadura en el Río Cauca, existe un jarillón construido por el antiguo Instituto de Crédito Territorial ( ICT) a finales de 1981, el cual ha sido invadido por asentamientos subnormales en casi la totalidad de su extensión. En un reciente Estudio realizado por SAYA LTDA. para el Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAP), se menciona que este jarillón se encuentra ocupado en un 95 %, con una población, estimada hasta abril de 1996, de 2291 habitantes.

Entre las Calles 70 y 72, el Jarillón esta protegido por una zona de reserva destinada a la recreación de los habitantes aledaños, con ocupación de canchas y parques. Entre las Calles 72 A y 72 G , la zona de protección del río se encuentra rellena por escombros y basuras, que poco a poco se han ido extendiendo hacia la desembocadura al Río Cauca ( FOTOGRAFIA C37).

Desde la Calle 73 hasta la Calle 84, finalizando su recorrido el río Cali, el jarillón se encuentra ocupado por un núcleo de familias "organizadas", anteriormente mencionadas como asentamiento subnormal; este núcleo es conocido por sus habitantes como "Floralia Río Cali", (FOTOGRAFIA C35). Debido a la carencia de alcantarillado, las aguas servidas de viviendas y marraneras son vertidas al río Cali ocasionando, además del problema de contaminación hídrica, una severa erosión de sus márgenes; este proceso, aunado al vertimiento de escombros y basuras, ha desestabilizado la berma de la margen derecha del río, al punto que prácticamente esta ha desaparecido.(FOTOGRAFIA C36 Y C39).

## **5.2 Río Meléndez**

Entre las cotas 1000 y 1100 m, posee una asociación en galería a lo largo del cauce, con vegetación típica de bosque seco tropical. En esta zona no se conservan los 30 m de protección del río y en la margen izquierda se ven afectados por la localización de los polvorines del ejército. En la margen derecha se encuentra localizado el corregimiento de La Buitrera donde su uso habitacional en algunos casos llega al borde del río.

En este sector aún se da uso recreativo al río, afectando la zona de protección del mismo. Un poco más abajo se encuentra como lindero del río en su margen derecha al Club Campestre, cuyos cercos comprimen la zona de reserva volviéndola de uso privado. Después del límite con el Club, se recupera la zona de protección con arborización y cobertura vegetal.

De su lado izquierdo el uso del suelo está determinado por conjuntos y unidades residenciales que colindan con el río. Al igual que en la parte alta, la actividad recreativa en los charcos Las Delicias y El Aguacate, es predominante.

El puente de la calle 5ª cambia totalmente el ecosistema casi natural del río. En ambas márgenes se observa la presencia de barrios con viviendas familiares como Meléndez, La Playa y La Vega, siendo común encontrar en estos dos últimos, depósitos de basuras domésticas y escombros en las riberas del río.

Desde la Avenida Pasoancho hasta la autopista Simón Bolívar la vegetación en galería sigue el curso del río conservándose los 30m como zona de protección. De allí en adelante la zona forestal aledaña al cruce del río Meléndez y la autopista Simón Bolívar se encuentra en completo deterioro, sin vegetación y con graves procesos de erosión. En su margen derecha se encuentra la ciudadela Comfandi, cuyos cercos llegan casi al borde del cauce. De allí en adelante y hasta la entrada al canal Interceptor Sur, se encuentran sobre la margen izquierda cercos de propiedades dedicadas a la ganadería y sobre la margen derecha, áreas verdes con alguna vegetación de parque.

CENTRO DE DOCUMENTACION  
**D A G M A**  
DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO  
DE GESTION DEL MEDIO AMBIENTE  
TEL. 6605465-66 CALI

### 5.3 Río Lili

Aunque en la parte alta del cauce se mantiene en buena condición la vegetación de la zona protectora, la aproximación de cercos a menos de 10 m. del flujo de aguas en su margen izquierda ha dado pie a la tala de árboles y corte de rastrojo. La mayor presión en esta área está dada por el uso residencial, cuyos predios comprimen la zona de reserva del río.

Hacia la parte alta y sobre la margen derecha, aún se observan los efectos del control tardío que se empezó a ejercer a la explotación minera, lo cual permitió que se arrojara material estéril durante muchos años al río ( FOTOGRAFIAS L1 Y L2 ); hoy en día el



impacto ha seguido latente ya que estos desechos aún permanecen en sus riberas, produciendo erosión constante.( FOTOGRAFIA L 4A a L 6B )

A partir del puente de entrada a la Parcelación La Riverita el uso del suelo se debe a fincas de recreación que abarcan buena parte del río; en esta parte ya se nota el deterioro en que se encuentra el río, debido a la contaminación, de sus aguas.

En la parte media del río el principal problema es la privatización de sus márgenes, debido a residencias que ocupan parte de la zona protectora, la cual hace parte integral de los propios predios.

En el tramo que va desde la carrera 102 con calle 21 hasta la carretera Panamericana, se localiza, sobre la margen izquierda, un asentamiento subnormal denominado "caserío Lili" el cual ocupa la zona de protección del río. En total hay unas 27 viviendas que ocupan una longitud aproximada de 200 m.

A partir de la carretera Panamericana y hasta la confluencia con el canal Interceptor Sur, el río hace parte del Ingenio Meléndez. En el inicio de este tramo el río está bien protegido por vegetación en galería, especialmente de rastrojo bajo. A partir de las instalaciones de las oficinas de Constructora Meléndez y hasta el Canal Interceptor, la vegetación de las riberas se empobrece y la zona protectora se comprime por la presencia de carretables y cultivos de caña de azúcar.

#### **5.4 Río Pance:**

El Parque de la Salud, localizado en la parte media de la cuenca, realiza su función exclusiva de uso recreacional para población flotante; En este sector aún existen predios donde se localizan negocios relacionados con la actividad recreativa, los cuales ocupan zonas de protección, y albergan una cierta cantidad de población estable que hace 25 años poseen terrenos allí.

Respecto al estado de los 30 m. correspondientes a la zona de protección, se puede señalar como principal factor de ocupación, el uso de la margen izquierda como corredor vial muy próximo al río, lo cual favorece que en época de inundación las aguas deterioren la carpeta asfáltica de la carretera.

A partir de La Viga, la zona de protección se ve afectada por clubes y fincas y lugares dedicados a la recreación, que restringen el área de ribera; en estos sitios el desbordamiento de las aguas ha obligado a las fincas privadas a la construcción de muros de contención.

De allí en adelante los usos del suelo son cultivos, centros recreacionales y deportivos y de ganadería extensiva; en este sector se encuentra el asentamiento llamado La Viga, de uso mixto tanto comercial como habitacional. En este punto la pérdida de vegetación arbórea es evidente, dando paso a rastrojo bajo y pastos.

### **CAPITULO III**

## **METODOLOGIA PARA LA IDENTIFICACION, EVALUACION Y ANALISIS DE RIESGOS**

Una vez elaborado el diagnóstico ambiental de las zonas de influencia de los ríos en estudio, se procede a la segunda etapa del Estudio consistente en la identificación, evaluación y análisis de los riesgos existentes.

El riesgo se entiende como el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, o factor interno de selectividad de la severidad de los efectos sobre dichos elementos. El riesgo puede ser de origen natural, geológico, hidrológico o atmosférico, o también, de origen tecnológico o provocado por el hombre.

Teniendo en cuenta la anterior definición, el análisis y evaluación de riesgos involucra tres actividades: La evaluación de la amenaza o peligro, el análisis de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo como resultado de relacionar los dos parámetros anteriores.

### **1. EVALUACION DE LA AMENAZA**

La amenaza está relacionada con el peligro que significa la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural o de origen tecnológico (creado por el hombre), que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición prefijado. Técnicamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad, en un sitio específico y durante un período de tiempo.

En razón a la complejidad de los sistemas físicos, la evaluación de la amenaza se realiza en la mayoría de los casos, combinando el análisis probabilístico con el análisis del comportamiento físico de la fuente generadora, utilizando información de eventos que han ocurrido en el pasado y modelando con algún grado de aproximación los sistemas físicos involucrados. En otras palabras, para cuantificar la probabilidad de que se presente un evento de una intensidad determinada y durante un período de exposición, se requiere contar con información, lo más completa posible, acerca de los eventos ocurridos en el pasado y la intensidad que tuvieron los mismos.

Por otra parte, es importante diferenciar la "amenaza", del "evento" que la caracteriza. Mientras que la "amenaza" significa la potencialidad de la ocurrencia de un "evento" con cierto grado de severidad, el "evento" en sí mismo, representa el fenómeno en términos de sus características, su dimensión y ubicación geográfica.

En el caso del presente Estudio, los "eventos" que pueden constituirse en "amenaza" están relacionados con fenómenos naturales de origen geológico, hidrológico y atmosférico (principalmente terremotos, movimientos en masa, inundaciones y precipitaciones) y con la misma acción antrópica. Tales eventos pueden llegar a afectar las condiciones naturales de los ríos, constituyéndose en una amenaza para el desarrollo social y económico de la ciudad.

A partir de la información recolectada en la Etapa inicial del Estudio y aplicando diferentes técnicas de sistemas, que dependen de la cantidad y calidad de la información disponible, evaluaremos las diferentes amenazas existentes para cada una de las cuencas en estudio.

### **1.1 Amenaza por movimientos masales**

Factores de origen geológico, meteorológico y humano son las tres causas más frecuentes para la ocurrencia de movimientos masales que se pueden definir como la

probabilidad de ocurrencia del desplazamiento de un volumen de material en el sitio, natural o antrópico, en un área determinada.

Para evaluar la amenaza por movimientos masales se utilizó un modelo de predicción que utiliza las diferentes unidades cartográficas en los mapas temáticos, de acuerdo con su importancia relativa en la generación del evento.

De acuerdo con trabajos y experiencias previas, los factores determinantes que aportan de manera natural o antrópica estabilidad a las riberas de los ríos, son:

- Pendiente natural de terreno
- Formación geológica superficial
- Cobertura vegetal y uso actual del suelo
- Intensidad y frecuencia de lluvias.
- Precipitación media anual
- Procesos erosivos

Existen diferentes métodos para configurar los factores que utiliza el modelo de predicción, cuya utilización depende fundamentalmente del propósito del Estudio.

En nuestro caso se utilizó el método explícito empírico en el cual los factores se combinan mediante el uso de puntajes ponderados que se asignan a cada uno de ellos. La experiencia obtenida en estudios similares con la aplicación de este método indica que aparentemente, es el más adecuado para un estudio de planificación urbana.

El procedimiento seguido para la generación del modelo de predicción de amenazas por movimientos masales, fue el siguiente:

Con la información presentada en el Capítulo II se realizaron mapas temáticos digitalizados a escala 1:25000, de cada uno de los ríos, desde la parte suburbana hasta su desembocadura. Dichos mapas incluyeron:

- Mapas de pendientes del terreno
  - Mapas de formaciones geológicas superficiales
  - Mapas de procesos erosivos
  - Mapas de uso del suelo
  - Mapas de intensidad de lluvias y frecuencia
  - Mapas de precipitación media anual
2. Asignación de la calificación entre 1 y 5 para cada variable, de acuerdo con el grado de importancia relativa de la estabilidad de los terrenos. La calificación es proporcional a la contribución de cada variable a la generación de movimientos masales.
3. Valoración de cada uno de los factores que influyen en la generación de movimientos masales, mediante la asignación de un valor porcentual, de tal manera que la suma de todos los valores totalice 100%.

En el Cuadro III-1 se presentan los factores que hacen parte del modelo de predicción con la calificación de las variables y la valoración de la contribución porcentual de cada uno de ellos.

La sumatoria de los productos obtenidos al multiplicar la calificación de cada variable en el correspondiente mapa temático, por la valoración asignada al respectivo factor, da por resultado la calificación de la amenaza y la zonificación de los grados de amenaza por movimientos masales, representados en los Mapas de Amenaza Masal.

Los resultados del modelo de predicción de amenazas por movimientos masales fueron verificados mediante reconocimientos de campo, a partir de los cuales se realizaron los ajustes necesarios.

CUADRO III - 1

CALIFICACION DE LAS VARIABLES Y VALORACION DE LOS FACTORES  
DE EVALUACION DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS MASALES

FACTOR / Variable	CALIFICACION	VALORIZACION
PENDIENTE DEL TERRENO		24%
<10%	1	
10-25%	2	
25-40%	3	
40-60%	4	
>60%	5	
FORMACIONES GEOLOGICAS SUPERFICIALES		22%
Depósitos de llanura de inundación	1	
Abanicos aluviales	2	
Rocas volcánicas meteorizadas	2	
Suelo residual de rocas volcánicas	3	
Rocas sedimentarias meteorizadas	3	
Suelo residual de rocas sedimentarias	4	
Depósitos por flujos de escombros	5	
Depósitos por flujos Artificiales	5	
USO DEL SUELO		18%
Bosque secundario joven	1	
Rastrojo alto	2	
Zona residencial formal	2	
Cultivos	3	
Rastrojo bajo y pastos	3	
Zonas desprovistas de vegetación	4	
Asentamientos subnormales	5	
Zonas dedicadas a la actividad minera	5	
PROCESOS EROSIVOS		17%
Muy bajos	1	
Bajos	2	
Moderados	3	
Severos	4	
Muy severos	5	
INTENSIDAD Y FRECUENCIAS DE LLUVIAS		14%
0-10 mm/día	1	
10-30 mm/día	2	
30-50 mm/día	3	
50-70 mm/día	4	
> 70 mm/día	5	
PRECIPITACION MEDIA ANUAL		5%
<1400 mm	1	
1400-1500 mm	2	
1500-1600 mm	3	
1600-1700 mm	4	
>1700 mm	5	

## **1.2 Amenaza por Inundación**

Se estima amenaza por inundación fluvial como la probabilidad de ocurrencia del evento mediante el cual el nivel de agua de una corriente supera la capacidad de su cauce, cubriendo zonas aledañas.

Como resultado del conocimiento de inundación anteriores, es posible identificar los lugares afectados por amenazas de inundaciones. Para construir los mapas de amenaza por inundación, se tienen en cuenta los eventos más importantes ocurridos en los ríos Cali, Lili, Meléndez y Pance en el pasado; posteriormente se calificará para varios períodos de retorno, tal como se indica en el Cuadro III - 2.

Para cada río se elaboró un mapa digital ( MAPAS AI-1, AI-2, AI-3 ) de amenaza por inundación a escala 1:25000, delimitando las áreas alcanzadas por inundaciones en diferentes períodos de retorno,



**CUADRO No. III-2**  
**CALIFICACION DE AMENAZA POR INUNDACION**

FACTOR	CUALIFICACION	CALIFICACION
Area alcanzada por un caudal con período de retorno de 2 años	Muy alta	5
Area alcanzada por un caudal con período de retorno entre 2 y 25 años	Alta	4
Area alcanzada por un caudal con un período de retorno entre 25 y 100 años	Media	3
Area alcanzada por un caudal con período de retorno mayor de 100 años	Baja	2

Finalmente, el grado de amenaza por movimientos masales e inundación se califica tal como se indica en el Cuadro No. III-3.

**CUADRO III -3**  
**GRADOS DE AMENAZA**

CALIFICACION	GRADOS DE AMENAZA
1.0 - 1.5	Muy baja
1.5 - 2.5	Baja
2.5 - 3.5	Media
3.5 - 4.0	Media Alta
4.0 - 4.5	Alta
4.5 - 5.0	Muy Alta

## **2. ANALISIS DE LA VULNERABILIDAD**

Se entiende por vulnerabilidad, las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por una evento distinto e identificable de la naturaleza o de la sociedad.

La vulnerabilidad de una comunidad o de un bien natural depende de varios factores, entre los cuales puede destacarse los siguientes:

- Su grado de exposición a un tipo de amenaza (localizado sobre su terreno inundable o no inundable, suelos blandos que pueden amplificar las ondas sísmicas etc).
- El grado de incorporación en la cultura de la educación y de los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas a las cuales están expuestos. Es más vulnerable una comunidad que ignora o desafía los procesos del medio ambiente en el cual vive, que una consciente de ellos.
- La calidad del diseño y de la construcción de las viviendas y de otras edificaciones; la calidad de los servicios públicos, la calidad de los terrenos sobre los cuales se habita o se construye o la presencia o ausencia de medidas físicas adecuadas de protección.
- La voluntad política de los dirigentes y de quienes toman decisiones y la capacidad de los equipos de planificación para orientar el desarrollo físico, socioeconómico y cultural, teniendo en cuenta medidas de prevención y de mitigación de riesgos.

Para la calificación de la vulnerabilidad se tomó en cuenta el grado de exposición de las personas y de sus bienes expuestos a la amenaza. Para este fin, se elaboraron mapas de usos del suelo para cada uno de los ríos (Cali, Meléndez, Lili y Pance), a fin de identificar



los efectos ante un determinado evento y el impacto que este pueda causar en la estructura física, económica, social y política de las áreas de influencia de cada río.

La valoración de la vulnerabilidad se realizó, agrupando diferentes usos del suelo y asignando una calificación a cada grupo, tal como se indica en el Cuadro No. III-4. Con base en la calificación obtenida, se construyeron mapas de vulnerabilidad para las áreas de influencia de cada uno de los ríos en estudio, ( MAPAS V-1, V-2, V-3 )

**CUADRO III- 4**  
**CALIFICACION DE LA VULNERABILIDAD**

Asentamientos y otros Usos del Suelo	CUALIFICACION	CALIFICACION
Asentamientos Subnormales	MUY ALTA	5
Zonas residenciales formales - Infraestructura servicios públicos	ALTA	4
Cultivos y pastos - Infraestructura vial - Actividad minera	MEDIA	3
Bosque secundario joven	BAJA	2
Rastrojos y zonas desprovistas de vegetación	MUY BAJA	1

### 3. EVALUACION DEL RIESGO

Como se indicó inicialmente, el riesgo se obtiene de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de una intensidad específica, con la vulnerabilidad de los elementos expuestos. Por lo tanto, el riesgo puede ser de carácter geológico, hidrológico, atmosférico, o también, tecnológico, dependiendo de la naturaleza de la amenaza a la cual está referido.

Desde el punto de vista físico, el "riesgo específico" es la pérdida esperada en un período de tiempo, que puede ser expresada como la proporción del valor o costo de reemplazo de los elementos bajo riesgo. Usualmente, representa la pérdida de vidas humanas, heridos y pérdidas de inversiones de capital.

Debido a la dificultad que significa estimar el "riesgo total", o sea la cuantificación acumulativa del riesgo específico de cada uno de los elementos expuestos y para cada una de las amenazas, en el Estudio nos referiremos al riesgo, haciendo alusión a un riesgo específico representativo para la zona de influencia de cada uno de los ríos, como por ejemplo el riesgo por inundación para las áreas pobladas y el riesgo de la infraestructura por movimientos masales.

Cada uno de los riesgos identificados se evalúa tanto desde el punto de vista de la vulnerabilidad técnica, como de la vulnerabilidad social. Aunque se reconoce que esta última es difícil de evaluar en términos cuantitativos, estimaremos para estos casos mediante la identificación de indicadores, "riesgos relativos", los cuales son igualmente válidos para el proceso de toma de decisiones y definición de prioridades de prevención y mitigación.

Los resultados de la fase de estimación de riesgos se plasmarán en "mapas de riesgo", los cuales representan un "escenario", o sea la distribución espacial de los efectos potenciales que puede causar un evento de una intensidad definida sobre un área geográfica, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto.

Estos mapas no sólo son de fundamental importancia para la planificación de la intervención de la amenaza y/o la vulnerabilidad a través de los planes de desarrollo, sino también para la elaboración de los planes de contingencia que los organismos operativos deben realizar durante la etapa de preparativos para emergencias.

En el Cuadro III-5 se presenta la interrelación de la amenaza y la vulnerabilidad para la obtención del riesgo en el área en estudio.



**CUADRO III - 5**  
**INTERRELACION DE AMENAZA Y VULNERABILIDAD PARA**  
**LA OBTENCION DEL RIESGO**

			VULNERABILIDAD				
			Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
<b>A</b>			1	2	3	4	5
<b>M</b>	Muy Baja	1	1	1	2	2	3
<b>E</b>	Baja	2	1	2	2	3	3
<b>N</b>	Media	3	2	2	3	3	4
<b>A</b>	Media Alta	4	2	3	3	3	4
<b>Z</b>	Alta	5	3	3	4	4	5
<b>A</b>	Muy Alta	6	3	4	4	5	5

De la interrelación entre Amenaza y Vulnerabilidad se obtiene la zonificación del riesgo, mediante la asignación de una calificación entre 1 y 5 de acuerdo con el grado de importancia. A partir de esta zonificación se construyen los mapas de riesgo por movimientos masales ( MAPAS RM -1, RM -2, RM -3 ) y riesgo por inundaciones ( MAPAS RI-1, RI-2, RI-3 ), para cada uno de los ríos en estudio. La zonificación del riesgo y sus criterios de calificación se presentan en el Cuadro No. III - 6.

**Cuadro No. III - 6**  
**CRITERIOS DE CALIFICACION PARA**  
**ZONIFICACION DEL RIESGO**

Tipo de riesgo	CALIFICACION
Muy alto	5
Alto	4
Medio	3
Bajo	2
Muy bajo	1

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS DE LA EVALUACION**

Una vez definida la metodología de trabajo, se presentan dentro de este Capítulo los resultados del Estudio de Zonas Frágiles y de Alto Riesgo de los Cauces y Riberas de los ríos Pance, Lili, Meléndez y Cali, en la zona urbana y suburbana del Municipio de Cali. Inicialmente se construyen los mapas de Amenaza y Vulnerabilidad y cruzando la información de estos, se elaboran los mapas de riesgo, los cuales representan un "Escenario", ósea la distribución espacial de los efectos potenciales que puedan causar un evento de una intensidad definida, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto.

#### **1. RIO CALI**

##### **1.1 Evaluación de la Amenaza**

###### **1.1.1 Amenaza Masal**

Se evaluaron los factores y variables que hacen parte del modelo de predicción de amenazas por movimientos masales, sintetizándose los grados de amenaza masal y calificándose de acuerdo a los criterios establecidos en el Cuadro No. III-3. ( VER PLANO AM-1 ). Los factores analizados se detallan a continuación:

En los planos de pendientes del terreno del río Cali ( VER PLANO P-1 ), se observa el predominio, en la parte baja, de pendientes  $\leq 10\%$ , a las cuales corresponde el menor valor de amenaza con respecto a este factor. En la parte alta predominan las pendientes

entre el 10 y 25 % y en casos muy puntuales entre el 25 y el 40 %. La calificación máxima que se presenta por este factor es 3, que no representa una amenaza alta.

En cuanto a las formaciones geológicas superficiales, ( VER PLANO G-1 ), los suelos que abrigan las riberas del río Cali están constituidos en su parte alta por depósitos aluviales y en su parte baja por conos aluviales, los cuales poseen una calificación de 2, debido a que son rocas frescas.

La formación Jamundí hace parte de las rocas sedimentarias meteorizadas, con una calificación de 3, ya que se trata de diabasas denominadas "roca muerta", con posibilidades de fácil desprendimiento. Las rocas sedimentarias meteorizadas, también llamadas rocas volcánicas, ( FOTOGRAFIAS C2 y C3 ) representan una amenaza relativamente baja ya que se tratan de diabasas con efusiones volcánicas, compuestas por rocas compactas duras y resistentes. En cuanto a los depósitos de llanura de inundación, que se localizan en la confluencia con el Río Cauca, poseen la calificación más baja.

En cuanto a usos del suelo en el Río Cali ( VER PLANO US-1 ), las variables más significativas para la evaluación de la amenaza masal, la constituyen los asentamientos subnormales y las zonas dedicadas a la actividad minera los cuales tienen un valor de 5, correspondiente a la mayor calificación. El rastrojo bajo y pastos que predominan en el recorrido por la parte histórica del río, tienen una calificación de 3, ya que en caso de inundación o avalancha, se produciría un desprendimiento relativamente fácil por no estar totalmente aferrado al suelo. En cuanto a las zonas residenciales formales, tienen una calificación de 2, debido a su infraestructura física. Finalmente en la parte suburbana, el río presenta un bosque secundario joven que corresponde lógicamente a la calificación más baja, debido a la protección que ofrece a las riberas del río.

Los procesos erosivos en la cuenca del río Cali, pasan de severos a muy severos, ( VER PLANO E-1 ). Como casos particulares muy puntuales, están los terrenos erosionados

vecinos al barrio Normandía ( FOTOGRAFÍA C16 ), donde se aprecia el desprendimiento de tierra muy severo, casi irrecuperable. Otro caso de particular interés, se presenta en los alrededores del puente de la calle 70 ( FOTOGRAFÍAS C17 a C19 ), donde el derrumbe de los taludes del río es constante y progresivo; ya casi al llegar a la desembocadura del Río Cali, la erosión es bastante severa debido a la desestabilización de los taludes.(FOTOGRAFÍAS C36 Y C40).

Las mayores intensidades de lluvia se presentan en la parte alta del área en estudio del río Cali, ( VER PLANO I-1 ) a partir de la confluencia con el río Aguacatal. A estos valores corresponden las mayores calificaciones de este factor. Aunque la parte baja presenta precipitaciones menores, comprendidas entre 54 mm/día y 70 mm/día, representa de todas maneras un valor alto, de 4, en la calificación de este factor sobre la amenaza masal.

Concordante con el factor anterior, las mayores Precipitaciones se presentan en la parte alta, variando entre 1300 mm/año y 1400 mm/año. En el sector de Terrón Colorado y Bellavista las Precipitaciones están entre 1200 mm/año y 1300 mm/año, mientras en el centro y norte de la ciudad oscilan entre 1000 mm/año y 1200 mm/año ( VER PLANO PMA -1).

En dicho plano se puede observar un grado de amenaza masal bajo para las zonas de bosque secundario joven y zonas residenciales formales, que corresponden a la mayoría de la zona en estudio del río Cali. El grado de amenaza masal medio se presenta hacia la parte alta suburbana, debido a la asentamientos subnormales, precipitación alta, zona de erosión y mayores pendientes, ( FOTOGRAFÍAS C6 a C10 ).

Grados de amenaza masal Muy Baja se presentan en sectores aislados, donde se encuentran pocas zonas residenciales formales, bosques secundarios jóvenes e intensidades de lluvias y precipitaciones relativamente bajas.



### 1.1.2 Amenaza por Inundación

( VER PLANO AI-1 )

A partir de los registros de inundación presentados en el Capítulo II, se deduce que el río se desborda a la altura del puente de la Av. 7ª oeste ( portada al mar ) por ambas márgenes, para caudales superiores a 200 m<sup>3</sup>/s, que corresponden a un período de retorno de 2 a 25 años; este desbordamiento llega hasta un poco antes del Puente Ortiz, ( FOTOGRAFÍAS C20 a C22 ). Para estos períodos de retorno, la calificación de la amenaza por inundación es alta, según el Cuadro No. III-2.

Los desbordamientos ocurridos por crecientes con caudales del orden de 200 m<sup>3</sup>/s han alcanzado la avenida Colombia, e inundado edificaciones cercanas como el CAM, donde el agua llega hasta los sótanos. Los sistemas de chapaletas no han sido de mucha ayuda ya que el cierre de las mismas no impide que ocurra la inundación.

Desde el Puente Ortiz hasta el puente de la calle 26 ( FOTOGRAFÍA C27 ) la probabilidad de ocurrencia de inundación es media, con un período de retorno de 25 a 100 años. De acuerdo con la información existente, esta parte es la que presenta menor riesgo de un evento por inundación; sin embargo la probabilidad es media y no deja de ser preocupante.

Desde el puente de la calle 26 hasta la calle 70 ( FOTOGRAFÍA C32 ) el río se sale de su cauce cuando presenta caudales con un período de retorno de 2 a 25 años, que corresponde a una calificación alta. La situación es crítica en el tramo entre las calles 44 y 56 ( FOTOGRAFÍA C28 y C29 ), debido a la presencia de los asentamientos subnormales de La Isla y Camilo Torres.

A partir de la Calle 70 y hasta la confluencia con el río Cauca, la amenaza de inundación es muy alta, pues el río se sale del cauce con caudales que correspondan a un período de retorno de 2 años, dándole la mayor calificación. Este sector pertenece a la llanura de

inundación del río Cauca. Según habitantes del sector de Floralia, en inmediaciones de la estación de bombeo el río se sale frecuentemente e inunda pequeñas zonas cultivadas, debido a la restricción que se está ocasionando sobre el cauce, como consecuencia del vertimiento continuo de escombros dentro de la zona comprendida entre el dique de protección y la orilla derecha del río. ( FOTOGRAFÍAS C33 , C34, C38 Y C42).

La Bocatoma de San Antonio es un sitio especial de represamiento, que causa amenaza por inundación. En este lugar el río fue obligado a represarse, y en el evento de una avalancha, se produciría desprendimiento de terreno causando desastres aguas abajo de la misma, con posibilidad de arrastre de materiales como palos y basura.

De acuerdo con un Estudio adelantado por HIDRO-OCCIDENTE en 1994, la mayoría de los puentes a lo largo del río ( FOTOGRAFÍAS C20 a C27 ), especialmente el puente de la calle 7ª oeste ( portada al mar ) y los puentes aledaños al CAM, son puntos críticos ya que estrechan considerablemente el cauce del mismo, lo represan y aumentan la amenaza por desbordamiento y avalanchas.

## **1.2 Análisis de la Vulnerabilidad**

Teniendo en cuenta la distribución de los usos del suelo ( VER PLANO US-1 ) y la calificación asignada a cada grupo según el Cuadro No. III-4, se construyó un plano donde se muestra la vulnerabilidad a lo largo del cauce del río Cali, ( VER PLANO V-1 ).

Las zonas más vulnerables de las riberas del río, corresponden a tres asentamientos subnormales. El primero es el llamado Bajo Palermo, localizado a la altura del kilómetro 2 de la vía al mar; las casas están construidas con materiales poco confiables, debido al escaso nivel económico de sus habitantes, que no conciben además la idea de una reubicación. Por el contrario, esta zona tiende a expandirse cada día más, sin ninguna norma que impida su acelerado crecimiento.

El segundo asentamiento corresponde a los barrios La Isla y Camilo Torres ( FOTOGRAFÍAS C28 a C31). Este sector debe concentrar la mayor atención por parte de entidades ambientales ya que abarca un considerable tramo del río Cali que deteriora e irrespeta la zona de protección del mismo; a pesar de que algunas viviendas se han mejorado utilizando materiales como ladrillo, las que se encuentran en las riberas aumentan el grado de vulnerabilidad del sector.

El tercer y último asentamiento ubicado en inmediaciones de la zona marginal del río es el denominado corredor de Floralia, con una población cercana a los 2300 hb.; en este sector, el deterioro de las orillas y cauce del río es evidente, en razón a las actividades antrópicas, a la localización de infraestructura vial muy cercana al cauce y en general, al inadecuado uso del suelo que allí se presenta.( FOTOGRAFÍAS C 35 Y C41).

A pesar de que la mayoría de los sectores a lo largo del río Cali pertenecen a zonas residenciales formales, clasificados como de vulnerabilidad alta, no representan sin embargo mayor peligro, ya que la mayoría de estos sectores se encuentran apartados de las riberas del río, a excepción de algunas viviendas de estrato alto, cuyas culatas colindan con este.

En el rango de vulnerabilidad alta, se encuentra también, la infraestructura de servicios públicos representada por el acueducto de San Antonio, que toma del río Cali una cantidad considerable de caudal; se presentan problemas puesto que la erosión continua en la parte alta de la bocatoma, arrastra tal cantidad de sedimentos que obstruyen la tubería de llegada a la planta hasta el punto de tener que cerrarla en algunas ocasiones debido a este problema.

La infraestructura vial suburbana en la parte alta del río representada por caminos de trocha no muy cercanos al río, al igual que las zonas dedicadas a la actividad minera y pastos, poseen una vulnerabilidad media.

Finalmente, con el menor puntaje de vulnerabilidad están las zonas desprovistas de vegetación localizadas hacia la confluencia con el río Cauca.

### **1.3 Evaluación del Riesgo**

Con el propósito de hacer una mayor claridad, se evaluó de manera independiente el riesgo por movimiento masal y el riesgo por inundación, interrelacionando la amenaza y vulnerabilidad para cada caso particular.

#### **1.3.1 Riesgo por Movimiento Masal**

A partir de la matriz de interrelación de amenaza y vulnerabilidad mostrada en el Cuadro No. III-5, se obtiene la calificación del riesgo por movimiento masal en el Río Cali. ( VER PLANO RM-1 ).

Los resultados obtenidos son los siguientes:

- Riesgo alto para los asentamientos subnormales de Palermo, La Isla , Camilo Torres y el corredor de Floralia. El primero posee una continua amenaza de deslizamiento, ya que los materiales y cimientos de las viviendas son inadecuados y las pendientes son considerables. El suelo por ser utilizado para asentamientos subnormales, presenta zonas desprovistas de vegetación. Por su parte, los asentamientos de La Isla y Camilo Torres presentan un uso inadecuado del suelo; las viviendas colindan con la orilla del río, el cual presenta las zonas marginales desprovistas de vegetación y con procesos erosivos. En el corredor de Floralia el mayor riesgo que se presenta son los

deslizamientos que se provocan por la desestabilización de las orillas a lo largo del río (FOTOGRAFIA C 36).

- **Riesgo Medio:** Corresponde en su mayor parte a las zonas residenciales formales, que poseen una vulnerabilidad alta, que interrelacionada con una amenaza de calificación baja, produce este grado de riesgo. En esta categoría se encuentran también las zonas dedicadas a la actividad minera, representadas por canteras en su mayoría de la llamada piedra azul ( FOTOGRAFÍAS C12 y C13 ); las explosiones constantes en estas canteras debilitan y desestabilizan el suelo, trayendo consigo problemas de erosión, deforestación y riesgo constante a los habitantes aledaños. A pesar de que esta práctica se ha ido disminuyendo con el tiempo, los efectos causados son de naturaleza tan grave, que en la mayoría de los casos no tienen recuperación.
- **Riesgo Bajo:** En esta categoría se encuentran todas las zonas cubiertas por bosque secundario joven, localizadas en su mayoría en la parte alta de la cuenca y las riberas del río ( FOTOGRAFÍAS C1 y C4 ), cubiertas por pastos, rastrojo bajo y zonas de parque, con excepción del tramo cercano a la calle 70, donde el paisaje es deplorable, debido a la erosión continua de sus márgenes.

### **1.3.2 Riesgo por Inundación**

La metodología para cualificar este tipo de riesgo es la misma que para el riesgo masal, a continuación se detallan los sitios críticos en las riberas del río Cali ( VER PLANO RI - 1 ).

El mayor riesgo por inundación se presenta en las zonas de asentamiento subnormal de Palermo, La Isla y Camilo Torres, donde el riesgo es inminente debido a la posición de las casas prácticamente sobre las orillas del río; en caso de inundación, toda esta franja sería afectada debido al debilitamiento del terreno y a la pésima infraestructura física. Este sector es altamente vulnerable.

Otro sector catalogado como de riesgo muy alto es el comprendido entre la calle 70 y la confluencia con el río Cauca, debido a que se inunda con caudales que se presentan con periodos de retorno de 2 años y a la presencia del asentamiento subnormal ubicado a lo largo del dique, con una muy alta vulnerabilidad, debido a la mala infraestructura física que presentan la mayoría de las viviendas que colindan con la margen derecha del río ( FOTOGRAFIA C35).

Un riesgo alto por inundación debido a caudales con tiempos de retorno entre 2 y 25 años se presenta en la parte alta del río, desde el puente de la calle 7ª oeste. La vulnerabilidad es media y la presencia de corredores viales, ha causado erosión en las orillas del río.

## **2. RIO MELÉNDEZ**

### **2.1 Evaluación de la Amenaza.**

#### **2.1.1 Amenaza Masal**

( VER PLANO AM-2 )

Al conjugar los diversos factores de amenaza como la Frecuencia e Intensidad de las lluvias, tipo de suelo, erosión y pendiente del terreno, se determinaron dos grandes sectores de amenaza masal:

##### **a) Amenaza Baja:**

Bajo esta calificación se encuentra toda la parte baja de la cuenca del río Meléndez, entre el Barrio Meléndez y Canal Interceptor Sur, ya que en esta zona se conjugan diversos elementos, tales como:

- Pendientes bajas < 10%
- Intensidad de lluvia mayor a 70 mm/día.
- Precipitación media anual < 1400 mm/año
- No existen procesos erosivos
- Uso del Suelo concentrado en tres formas: Zona residencial formal, cultivos y zonas de protección o zonas verdes.

En esta zona, el terreno está conformado por dos formaciones geológicas: Los depósitos de llanura de inundación en las márgenes y zona alrededor del Canal Interceptor Sur y los abanicos aluviales, circundantes a la primera formación.

b) Amenaza Media:

Comprende la mayor parte del sector suburbano de la ciudad, donde se encuentran incluidos asentamientos como el corregimiento de La Buitrera, Polvorines, Barrio El Jordán y parte alta del barrio Meléndez. La vía a La Buitrera, así como la infraestructura vial del corregimiento, afrontan una amenaza media. En esta categoría se conjugan factores tales como la erosión severa que sufre la cuenca por la actividad minera, la deforestación ( FOTOGRAFIA M4 ) y el incremento creciente de asentamientos humanos, Precipitaciones superiores a 1400 mm/año y Pendientes del terreno superiores al 10%.

En esta zona, los suelos están conformados principalmente por rocas de origen volcánico y la formaciones Guachinte y Jamundí, la primera compuesta por mantos de carbón y areniscas y la segunda, por depósitos no consolidados de abanicos.

Se encuentran además sectores muy puntuales, con grado de amenaza masal media - alta, localizados principalmente en la zona rural. En estos sectores se conjugan factores como la explotación minera causante de procesos erosivos severos y las pendientes altas, mayores del 25%.

### **2.1.2 Amenaza por Inundación.**

( VER PLANO AI-2 ).

En la parte alta, a la altura de la mina carbonífera de La Buitrera( FOTOGRAFÍA M3 ), el río representa una amenaza de inundación, dado que la ladera de la margen derecha amenaza con desprendimiento, lo cual podría ocasionar un represamiento en dicho punto.

En la parte baja se presenta una amenaza permanente de inundación, agravada en casi la totalidad del recorrido del río, por la intervención inadecuada del hombre en el cauce natural de la corriente.

Las zonas identificadas con un grado bajo de inundación se describen a continuación:

- a) Parte baja, adyacente al Canal Interceptor Sur, que comprende la planicie de inundación del río Cauca. El Canal Interceptor Sur puede eventualmente entregar sumergido al río Cauca, causando un remanso que represará las aguas del Canal y de sus afluentes. Esta eventualidad se estima que ocurre con un período de retorno mayor a 100 años.
- b) Antiguo Balneario de El Aguacate, sector del barrio Meléndez. En este sector existe un dique-toma perteneciente al antiguo Ingenio Meléndez, el cual ocasiona represamiento de las aguas, con inminente amenaza para las viviendas vecinas del barrio Meléndez. Además el resalto que se produce al sobrepasar las aguas el dique, está generando un grave proceso erosivo que amenaza las construcciones vecinas ( FOTOGRAFÍAS M5, M7, M8 y M9 ).
- c) Margen Derecha: Aguas arriba de la Calle 5ª. El inadecuado manejo del canal de toma del dique mencionado anteriormente, puede provocar inundaciones como las ocurridas



aproximadamente dos años atrás en las Torres de apartamentos ubicados en la calle 5ª, en inmediación del Club Campestre ( FOTOGRAFÍA M6 ).

Se clasificó como zona de inundación media todo el corredor vecino al río, ubicado entre las urbanizaciones Las Vegas y Multicentro ( FOTOGRAFÍAS M15 Y M16 ), y la Urbanización El Caney. En esta zona diversos elementos acentúan estas amenazas: El primero lo constituye el puente de la Avenida Pasoancho sobre el río Meléndez ( FOTOGRAFÍAS M17 y M18 ), el cual ocasiona represamiento de las aguas al estrechar su cauce, amenazando puentes peatonales, zonas verdes y edificaciones cercanas al río. En segundo término el confinamiento y sinuosidad del cauce a partir de la Avenida Pasoancho hasta el Canal Interceptor Sur, sumado a la creciente densificación habitacional de la zona que ha convertido zonas blandas en duras, disminuyendo los tiempos de escurrimiento de las aguas, lo que genera el aumento de niveles del río desbordándose las aguas por encima de los jarillones existentes y erosionando las orillas, ( FOTOGRAFÍAS M19 a M22 )

Como zona de inundación alta se clasificó el sector de La Playa. En este sitio, debido a la intervención sobre el cauce del río, la corriente se ha desviado de su trayecto original y ha formado una curva en "U" . La formación de un vórtice en este punto, que represa aguas arriba la corriente ( FOTOGRAFÍA M13 ), provoca la entrada de las aguas al barrio La Playa y la erosión de la margen derecha, amenazando a la urbanización Multicentro ( FOTOGRAFÍAS M10 a M14 ).

## **2.2 Análisis de Vulnerabilidad.**

( VER PLANO V-2 )

La parte baja de la cuenca del río se encuentra poblada, por lo cual presenta una vulnerabilidad alta. En esta zona se conserva una franja de protección a ambos márgenes del río, conformada por arboles cultivados, pastos y rastrojo alto, las cuales tienen un grado de vulnerabilidad medio. Existen partes de la zona de protección en la margen

izquierda con vulnerabilidad baja, ya que su conservación es inferior a los demás sectores ribereños.

Al sur de la urbanización El Caney los terrenos tienen vulnerabilidad media, dado que se emplean en el cultivo de caña de azúcar y pastoreo de ganado vacuno.

A la altura del barrio Meléndez, entre las calles 4ª y 4ª B, hay una zona de muy alta vulnerabilidad, por encontrarse las viviendas expuestas a la acción erosiva del río.

En el sector suburbano de la cuenca sobre la margen derecha, existen dos zonas consideradas de vulnerabilidad media por ser sitios dedicados a la recreación y que presentan una población flotante considerable. Estas zonas corresponden al Club Campestre y el sector de La Buitrera

En la parte circundante al corregimiento se conserva aún el bosque secundario, razón por la cual su vulnerabilidad es baja; igualmente existen zonas con una alta actividad minera, especialmente de explotación carbonífera, la cual se ha calificado con vulnerabilidad media.

## **2.3 Evaluación del Riesgo.**

### **2.3.1 Riesgo por Movimiento Masal.**

( VER PLANO RM - 2 )

Todas las zonas de asentamiento habitacional localizadas dentro del área urbana, al igual que el corregimiento de La Buitrera, presentan un grado de riesgo medio; la población de La Buitrera sufrirá el más fuerte impacto socioeconómico, en el caso de ser afectada por un evento de origen masal.

119

Dentro del riesgo medio también se encuentran las zonas de explotación minera, por ser una actividad a la cual es inherente el riesgo por movimientos masales.

Las márgenes de protección en la parte suburbana en las cuales el bosque ha dado paso a la aparición de pastos y rastrojos altos, también se clasifican como de riesgo medio, por ser susceptibles de sufrir fenómenos como la erosión.

El área baja dedicada a cultivos, así como la zona de protección entre el barrio Meléndez y el Canal Interceptor Sur, se clasifican como zonas de riesgo bajo; factores como el uso del suelo, la pendiente del terreno y la geología superficial hacen de éstas, zonas de amenaza baja, que interrelacionada con el grado de vulnerabilidad, las convierten en zonas de riesgo bajo.

### **2.3.2 Riesgo por Inundación.**

( VER PLANO RI-2 )

En general la zona de protección del río y sectores vecinos tienen un grado de riesgo medio, a excepción de pequeños sectores de la margen izquierda donde el riesgo es bajo, debido a que el uso recreativo y habitacional que tienen podría ser afectado. El área cercana al Canal Interceptor Sur y los sitios descritos anteriormente, tales como el balneario El Aguacate y aguas arriba de la Calle 5ª, presentan un riesgo bajo; estas zonas sin embargo, son afectadas por sucesos de características extremas.

El barrio La Playa y las zonas vecinas se catalogan como de alto riesgo, puesto que este sector es el más vulnerable a sufrir un impacto socio-económico grave, en caso de ser afectado por una inundación.

Merece especial atención el sector de la mina carbonífera de La Buitrera donde el riesgo por movimientos masales es alto, lo cual puede desencadenar en un evento de inundación y avalancha considerado como de riesgo alto.

### **3. RIO LILI**

#### **3.1 Evaluación de la Amenaza.**

##### **3.1.1 Amenaza Masal.**

( VER PLANO AM-2 )

La situación en cuanto amenaza masal es muy semejante a la del Río Meléndez. Se presentan en general, dos zonas claramente definidas:

##### **a) Amenaza Baja:**

En esta situación se encuentra toda la parte baja del río Lili, entre Ciudad Jardín y El Canal Interceptor Sur. En esta zona se mezclan elementos similares a los descritos para el cauce del río Meléndez, con Intensidades de lluvia entre 84 - 90 mm/día.

##### **b) Amenaza Media:**

Corresponde al área suburbana ubicada sobre las dos márgenes del río; se encuentran dentro de esta zona asentamientos humanos y la vía de acceso al corregimiento de La Buitrera y el condominio La Riverita, ( FOTOGRAFIA L3 ). Aquí se presentan factores como la erosión, pendientes de terreno altas y precipitaciones mayores a 1400 mm/año, además explotaciones mineras ( FOTOGRAFÍAS L1 a L6 ). El suelo está constituido principalmente por las formaciones geológicas Guachinte y Jamundí.

### 3.1.2 Amenaza por Inundación.

( VER PLANO IR-2 )

El río Lili presenta dos puntos críticos de inundación. El primero se localiza aguas arriba del puente sobre la Avenida Cañasgordas; la restricción causada por este puente generó en Abril de 1994 la anegación de un amplio sector vecino ( FOTOGRAFÍA L7 a L9 ). Posterior a este evento se adelantó la ampliación del puente, que sin embargo sigue siendo un sitio de amenaza, clasificado como de grado medio.

El segundo punto está ubicado a la altura del puente sobre la vía férrea y el puente sobre la carretera Panamericana ( FOTOGRAFÍA L10 ); este conjunto causa una reducción drástica del cauce, formando un represamiento de la quebrada Gualí y del propio río Lili, que inundan los terrenos de la margen derecha, más bajos que los de la margen izquierda. Esta zona se clasifica como de amenaza Muy Alta, ( FOTOGRAFIAS L11 Y L13 )

Con amenaza alta se clasificó también la zona de la margen derecha, aguas abajo de la carretera Panamericana, en predios de la Constructora Meléndez.

Toda la margen izquierda del río, entre la avenida Cañasgordas y el Canal Interceptor Sur, se clasifica como una zona de amenaza baja por estar dentro de la planicie de inundación del río Cauca; esta zona no está al margen de sufrir inundaciones.

Los puentes de la calle 13 (prolongación de la avenida Pasoancho) y la entrada al condominio La Riverita restringen el cauce del río, represándolo e inundando sus márgenes. Sin embargo, los problemas que originan estos puentes ocurren con una frecuencia menor, comparada por ejemplo con el puente de la vía férrea. Estos dos sitios ofrecen una amenaza por inundación, baja.

122

### **3.2 Análisis de Vulnerabilidad.**

El mapa de vulnerabilidad ( PLANO V-2 ) guarda semejanza con el del cauce del río Meléndez; en la parte suburbana o cuenca media se conserva el bosque secundario, vulnerabilidad baja, con una marcada actividad minera dedicada a la explotación del carbón, la cual tiene un grado de vulnerabilidad media, al igual que los sectores de La Buitrera y el condominio La Riverita, que son zonas con uso residencial y de recreación.

Se conserva a lo largo del río Lili, hasta la carretera Panamericana y en ambas márgenes, una zona de protección cubierta por árboles cultivados, pastos y rastrojo alto, la cual se califica con grado de vulnerabilidad media.

En la margen izquierda, aguas abajo del paso nivel de la vía férrea que conduce a Popayán, la zona de protección del río se encuentra ocupada por el caserío Lili; esta zona se clasificó con una vulnerabilidad Muy Alta, ( FOTOGRAFIA L 12 ).

En la parte baja, a excepción del tramo comprendido entre la carretera Panamericana y el Canal Interceptor Sur, donde los terrenos adyacentes se emplean en el cultivo de caña de azúcar, el área se encuentra habitada, razón por la cual se clasifica con una vulnerabilidad alta.

### **3.3 Evaluación de Riesgo**

#### **3.3.1 Riesgo por Movimiento Masal.**

( VER PLANO RM - 2 ).

El cauce y riberas del río Lili, presenta dos tipos de riesgo:

- Riesgo bajo, en las áreas destinadas al cultivo de caña de azúcar, así como la zona de protección del río en su parte alta y baja. Son sectores poco propensos a sufrir daño por un evento de este tipo.
- Riesgo Medio. Zonas residenciales de la parte baja, sectores destinados a la recreación y vivienda como La Buitrera y La Riverita, zona de protección del río en la parte suburbana ( constituida por pastos y rastrojo alto ) y zonas de explotación minera. Estas áreas son las más susceptibles a sufrir un impacto al presentarse un fenómeno de origen masal.

### **3.3.2 Riesgo por Inundación.**

( VER PLANO RI - 2 )

A lo largo del cauce del río Lili se presentan cuatro (4) zonas de riesgo:

- La zona de riesgo bajo, que comprende la parte más baja de la cuenca, destinada al cultivo de caña de azúcar, así como sectores de la margen izquierda ubicados dentro de los 30 m. de protección del río. Estos sectores se verían afectados bajo un evento de inundación poco frecuente.
- En la zona de riesgo medio se encuentran sectores habitados de la margen izquierda, aledaños a la zona de protección del río, así como el caserío Lili y la zona residencial ubicada aguas arriba del puente de la avenida Cañasgordas. Estas son áreas habitadas que sufrirían algún impacto al ser inundadas.
- El riesgo alto por inundación se encuentra en la margen derecha del río y comprende las zonas de protección, así como el área de cultivo de caña de azúcar ubicada aguas abajo de la carretera Panamericana. Son áreas de cultivos y zonas verdes que sufrirían fuertes procesos de anegación.

- Finalmente, el sector adyacente a la confluencia de la quebrada Gualí con el río Lili, donde se localiza el Colegio Alemán y una serie de viviendas de estrato alto ( Fotografías L11 y L13 ), ubicadas sobre la margen derecha, presentan un riesgo de inundación muy alto. Aquí se produce el impacto más fuerte, ya que las inundaciones son mucho más frecuentes.

Por otra parte, el riesgo por inundación generado por la restricción del puente de la calle 13 ( prolongación de la avenida Pasoancho ) es Bajo para la zona de protección del río. Esta área no tiene un uso específico por los habitantes del sector; sin embargo las viviendas aledañas, están en una escala de riesgo medio.

Finalmente, el riesgo a la altura del puente que da acceso al condominio La Riverita se cataloga como bajo. Esta zona se encuentra aún con cobertura vegetal, con características de bosque y rastrojo alto y con pocas estructuras en las márgenes, que puedan resultar afectadas.

#### **4. RIO PANCE.**

##### **4.1 Evaluación de la Amenaza.**

###### **4.1.1 Amenaza Masal.**

En la parte media-alta de la cuenca, ( VER PLANO AI-4 : Estado del Area de Influencia del Río Pance en la Zona suburbana del Municipio de Cali ) existen tramos que presentan alta amenaza por erosión y derrumbes de las laderas, especialmente hasta la altura del Parque de la Salud, donde se observaron desprendimientos de suelo hacia la carretera ( FOTOGRAFÍA P11 ).



Ya en la parte media y baja de la cuenca ( VER PLANO AM - 3 ), se tiene amenaza de grado medio desde el inicio del Parque de la Salud, hasta unos 600 m. arriba de la parcelación Piedra Grande. En esta zona los suelos son muy inestables, pues corresponden a derrubios o depósitos de flujos de escombros que el río ha dejado y que pueden generar desprendimientos y deslizamientos, ( FOTOGRAFIA P 16 ), por consiguiente procesos erosivos muy severos ( FOTOGRAFÍAS P9 y P10 ).

Esta situación se ve agravada por las altas precipitaciones anuales, entre 1800 y 1700 mm/año e Intensidades de lluvia con valores de 94 mm/día con una frecuencia de 1:2 años. Es de anotar que la cuenca del río Pance registra los más altos niveles de lluvias de todo el municipio, lo que ocasiona erosión hídrica y arrastre de la vegetación propia de estos suelos (pastos y rastrojos bajos). Esta vegetación facilita prácticas de pastoreo, ganadería y tránsito de peatones y vehículos, propiciando también pérdida de suelo y aumento del grado de erosión. El único factor que amortigua la amenaza es la topografía, ya que se presentan pendientes entre el 5 y el 10%.

Una extensa área de la parte media y baja de la cuenca presenta un grado bajo de amenaza masal; se incluyen dentro de esta clasificación las riberas derecha e izquierda del río, hasta su desembocadura en el río Jamundí. La amenaza se ve disminuida porque el grado de erosión pasa de ser Muy Severa a Severa. La calidad de los suelos también influye, ya que la zona pertenece a las formaciones geológicas Jamundí y Guachinte, que son depósitos no consolidados de abanicos y mantos de carbón, por ende, suelos un poco más estables. Las pendientes bajas (entre 5 y 10%) favorecen grandes deslizamientos rotacionales, debido a que las rocas sufren infiltración; generalmente las áreas con pendientes menores del 45% presentan los mayores problemas de inestabilidad.

La disminución en las precipitaciones anuales y diarias también influye en la severidad de la amenaza; en esta zona se presentan precipitaciones promedias de 1600 mm/año e intensidades de lluvias entre 90 y 92 mm/día, con un período de retorno de 1:2 años. El uso predominante del suelo sigue siendo en pastoreo, pero con el agravante que amplias zonas han sido construidas y pobladas sin respetar la franja de protección del río.

Amenaza muy baja se da en el resto del área de la cuenca del río Pance, parte media y baja, donde el suelo lo conforman conos y abanicos aluviales dedicados a la vivienda, cultivos y recreación. Aquí la intensidad de las lluvias es menor de 90 mm/día y las precipitaciones oscilan entre 1500 -1600 mm/año. Los deslizamientos, avalanchas de tierra y erosión, no son significativos.

#### **4.1.2 Amenaza por Inundación.**

( VER PLANO AI - 3 )

Básicamente se detectaron tres zonas que presentan amenaza de inundación:

- a) Amenaza Muy Alta. Se encuentra dentro de esta clasificación la franja localizada sobre la margen derecha del río, desde la tercera entrada al Parque de la Salud hasta aproximadamente 400 m. después de la finalización del mismo, lo mismo que la zona aledaña al Club Deportivo Cali. Estas zonas son alcanzadas por una inundación con un período de retorno de 1:2 años. En los dos sitios el río se encuentra muy exployado, ( FOTOGRAFIA P15 y P16 ) y arrastra gran cantidad de material como piedras, grava mediana y pequeña, palos y en general, material que arranca de su propio cauce. El reconocimiento de campo realizado en el primer evidenció una gran probabilidad de desbordamiento hacia la margen izquierda, cerca a la carretera. Por su parte, a la altura del Club Deportivo Cali, el puente está restringiendo el cauce del río ( FOTOGRAFÍA P17 ).
- b) Amenaza Alta. El área alcanzada por un caudal con período de retorno entre 10 y 25 años comprende la margen derecha del río, desde los límites con la Asociación Campestre Shalom hasta la calle 18 o avenida Cañasgordas. A partir de esta avenida, las dos márgenes del río son inundables con la misma frecuencia citada, hasta la calle

25. La inestabilidad de los suelos facilita el socavamiento de los taludes y los desbordamientos. Ejemplo típico de este fenómeno se observó en el asentamiento de La Viga ( FOTOGRAFÍAS P19 a P21 ).

C) Amenaza Baja: A partir de la calle 25 y hasta la confluencia con el río Jamundí, se esperan inundaciones con períodos de retorno mayores a cien años, tanto en la margen derecha como en la izquierda del río.

#### **4.2 Análisis de Vulnerabilidad.**

( VER PLANO V-3 )

En la parte media de la cuenca, desde aproximadamente 2 Km. arriba del corregimiento de La Vorágine, se presentan zonas con alta y media vulnerabilidad debido a la presencia de asentamientos subnormales como La Playita ( FOTOGRAFÍAS P12 y P13 ), además de otras viviendas muy cercanas al río construidas con bahareque y ladrillo, lo mismo que estaderos, restaurantes y colegios que albergan población permanente y/o flotante.

La carretera, que hace parte de la infraestructura vial suburbana, tiene un grado medio de vulnerabilidad, agravado por su cercanía al río; al respecto se observa que incluso las propias orillas del río se usan como estacionamiento de vehículos.

La zona de La Vorágine puede considerarse de alta vulnerabilidad por la población permanente asentada allí, las edificaciones y estructuras construidas y la alta presencia de bañistas en el río, principalmente durante los fines de semana.

A partir de La Vorágine, las zonas con vulnerabilidad media corresponden a:

- a) Fincas, sitios recreacionales, clubes, haciendas y casas campestres como el área ocupada por el Parque de la Salud, el Club Deportivo Cali, Centro Recreacional

COMFANDI, Asociación Shalom, Club Farallones y Parcelación Piedra Grande. Se les adjudica una calificación de 300 (media) porque cuentan con infraestructura como edificaciones, casas etc., alojan población permanente y/o flotante como en el caso del Parque de la Salud (considerado uno de los principales espacios recreativos de la ciudad de Cali, Fotografía P14) y porque se localizan en áreas de riesgo, ya que ocupan parte de la zona de protección del río, ( FOTOGRAFIA P22 ).

- b) Margen derecha del río, entre el Club Deportivo Cali y COMFANDI, lo mismo que en los dos márgenes, desde COMFANDI hasta su confluencia con el río Jamundí. Estos suelos son pastos y rastrojos que están siendo utilizados para ganadería extensiva y recreación, incluyendo los 30 m. de protección del río. Así, la exposición a alguna amenaza es alta y los efectos pueden ser directos (animales, terrenos, etc.) e indirectos (sistemas de producción).

Por otra parte, se localizaron dos áreas con vulnerabilidad de magnitud alta:

- a) Una extensa área de la margen izquierda del río que se encuentra ocupada por viviendas y parcelaciones, exponiendo una población numerosa y permanente; además hay colegios y otras instituciones que de ser afectadas, desencadenarían efectos secundarios (paralización de jornadas de estudio, estructuras y red de servicios públicos averiadas, etc.).
- b) La vereda La Viga ( FOTOGRAFÍA P18 ), considerada como un asentamiento subnormal; cuenta con aproximadamente 15 viviendas en mala construcción, carece de servicios públicos y alberga una población promedio de 40 personas de manera permanente, las cuales ocupan la zona de protección del río, deteriorándola progresivamente. Adicionalmente, este sector es un sitio tradicional de recreación para los habitantes de Cali.

Aguas abajo del Parque de La Salud, el río Pance presenta vulnerabilidad baja en ambos márgenes, pues se presentan bosques secundarios jóvenes los cuales no tienen

actualmente ningún uso específico; por esta razón, no hay elementos expuestos a amenazas como cultivos, ganado o población.

#### **4.3 Evaluación del Riesgo.**

##### **4.3.1 Riesgo por Movimiento Masal.**

( VER PLANO RM-3 ).

Se destacaron tres (3) zonas con riesgo medio por movimientos masales.

La primera de ellas es el Parque de la Salud, donde la vulnerabilidad y la amenaza presentan calificaciones significativas. Esto quiere decir que existe una cantidad importante de elementos expuestos a una eventual amenaza (vulnerabilidad media), lo cual coincide con una probabilidad media de ocurrencia de un fenómeno adverso (amenaza).

La correlación de estas dos variables evidencia que, de ocurrir un movimiento de suelos, los efectos y pérdidas esperadas son significativas, pero no muy severos, pues como se dijo anteriormente, no hay población permanente en esta zona ni construcciones o infraestructura de servicios de alta calidad que puedan sufrir daños en un momento determinado.

La segunda zona con riesgo medio se presenta en la vereda de La Viga. Aquí la interrelación entre la amenaza y la vulnerabilidad, es diferente. En esta zona se presenta una amenaza baja, pero la vulnerabilidad es muy alta, es decir que un fenómeno de poca envergadura, que en otra zona no causaría mayores daños, podría desarrollar en esta zona consecuencias importantes como destrucción de casas y pérdida de vidas, al

encontrar malas construcciones, suelos inestables y deteriorados y población permanente sin organización y/o concepción del peligro.

La infraestructura de la red vial suburbana correspondiente a la vía a Pance, es medianamente vulnerable y ocupa un área de amenaza media, razón por la cual presenta riesgo medio, algo evidente pues su capa asfáltica se deteriora constantemente. La principal causa de esta situación consiste en que la carretera ocupa la franja de protección del río y cuando se presentan crecientes importantes, aumenta su cauce y socava el talud hasta llegar a la vía. Las consecuencias de daños eventuales pueden ser graves considerando el amplio uso que los habitantes de corregimientos y veredas le dan a esta vía.

Otras zonas presentan riesgo bajo y muy bajo debido a la interrelación de vulnerabilidad media y alta con zonas de amenaza baja y muy baja, respectivamente. Esto se debe a que son áreas dedicadas a la recreación, cultivos y estadía temporal de personas, en las cuales la probabilidad de que ocurra un movimiento de suelos (amenaza) es baja, por ser una zona plana y relativamente estable, sin cadenas montañosas cercanas.

#### **4.3.2 Riesgo por Inundación.**

( VER PLANO RI -3 )

Al interrelacionar la amenaza de inundación y la vulnerabilidad se obtuvieron mayores grados de riesgo que en el caso de la amenaza masal.

Así por ejemplo, para el área del Parque de La Salud y zonas aledañas, el riesgo por movimientos masales era medio y bajo, pero es alto cuando la amenaza es una inundación. Esto debido a que la probabilidad de que ocurra un desbordamiento del río es mayor que la que se espera para que ocurra un movimiento de suelos. La localización inundable de estas áreas, al ocupar los 30 m. de protección del río, las hace más propensas al fenómeno.

Este problema se replica en los otros dos sectores donde ocurren desbordamientos con un período de retorno de 1:2 años. En el área cercana al Club Deportivo Cali y en la margen derecha del río, hasta la calle 25, el riesgo por inundación es alto. La intervención que se da en el cauce del río mediante la construcción de puentes y ocupación de las orillas, entre otros factores, es causa de riesgos.

En el tramo final, al conjugar la vulnerabilidad media del río con la reducida amenaza por inundación, debido al tiempo de retorno de la misma, se obtiene un tramo de bajo riesgo de inundación.

El análisis de estas dos situaciones de riesgo (masal y por inundación) permite concluir que las construcciones, los asentamientos poblacionales, el pastoreo y la ganadería extensiva y en general el uso inadecuado y/o indiscriminado del suelo en las riberas del río, unido al abandono cada vez mayor del mismo y al estrechamiento de su zona de protección, aumentan cada vez más el potencial de riesgo de estos sitios y genera efectos directos e indirectos sobre el medio, tales como la pérdida de la cobertura vegetal y especies naturales, pérdida de interés en la zona como área de recreación y pérdida de producción de cultivos y ganadería.

## **CAPITULO V**

### **PROPUESTAS PARA LA MITIGACION Y RECUPERACION DE ZONAS DE ALTO RIESGO**

El plan de reducción de riesgos que se incluye dentro del presente Capítulo se refiere a las medidas de carácter estructural que deben aplicarse para la recuperación, protección y conservación de las riberas y cauces de los ríos Cali, Meléndez, Lili y Pance, en aquellos sitios identificados como de alto riesgo. Estas medidas deberán complementarse con otras de carácter no estructural, tales como la regulación de usos del suelo, la incorporación de aspectos preventivos en los presupuestos de inversión del municipio y la preparación de planes de contingencia mediante los cuales se reduzcan las consecuencias de un evento sobre una determinada población.

#### **1. RIO CALI**

( VER PLANO PMR - 1 )

De acuerdo con los resultados del Estudio, los riesgos en el río Cali están asociados principalmente a factores físicos, de usos del suelo y urbanísticos, que incrementan considerablemente el riesgo por inundación. Dichos factores se refieren a:

- Concentración de población en la llanura de inundación.
- Escorrentía concentrada en áreas urbanizadas y en laderas deforestadas.
- Utilización de los cauces de inundación.
- Represamiento en algunos sectores del río.



En el asentamiento subnormal de La Isla se hace necesario la construcción de muros de protección marginal en la margen derecha del río, a lo largo de toda la extensión del asentamiento, con el fin de disminuir el riesgo por deslizamiento e inundación. Se requiere así mismo que el corredor marginal del río, quede libre de construcciones de tipo habitacional, por lo que es menester reubicar las familias asentadas en este sitio.

Otros asentamientos que requieren reubicación son los barrios Palermo y Atenas, situados desde hace más de 15 años sobre la zona de protección del río.

La misma solución de mitigación se propone para el corredor de Floralia, donde se hace necesario despejar el dique y por lo tanto, reubicar a la población en él asentada. Como medida complementaria de tipo estructural, se propone la construcción de muros marginales a lado y lado del río, solución que subsanaría en parte, la creciente desestabilización y erosión de las orillas a lo largo de dicho corredor (FOTOGRAFIA C 36).

En cuanto a la zona de canteras, a pesar de que ya algunas han sido cerradas, se hace necesario un seguimiento de su uso y la iniciación inmediata de los planes de recuperación.

Vecino al barrio Normandía se hace necesario la construcción de muros de contención y adicionalmente una recuperación vegetal de los taludes. Es posible que se requiera la construcción de trinchos de madera antes de los muros de contención, para tratar de recuperar la estabilidad del terreno.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las actividades a tener en cuenta para la mitigación de los riesgos masales y por inundación del Río Cali

133

## CUADRO No. V-1

## PROPUESTAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO RIO CALI

ZONA	RIESGO	MITIGACIÓN
ASENTAMIENTO SUBNORMAL LA ISLA Y CAMILO TORRES	- INUNDACIÓN - EROSIÓN - DESLIZAMIENTOS	- CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE PROTECCIÓN MARGINAL. - REUBICACIÓN DE HABITANTES DE LAS ORILLAS.
CORREDOR DE FLORALIA ASENTAMIENTO SUBN.	- EROSION - INUNDACION	-REUBICACION DE HABITANTES DE LAS ORILLAS DEL DIQUE. -CONSTRUCCION DE MUROS
ZONAS DE CANTERAS Y ACTIVIDAD MINERA	- EROSIÓN - DEFORESTACIÓN	- SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA DE LAS AUTORIDADES. - RECUPERACIÓN FORESTAL DE LA ZONAS.
LADERAS DE NORMANDÍA	- EROSIÓN	- MUROS DE CONTENCIÓN - RECUPERACIÓN VEGETAL
ASENTAMIENTO SUBNORMAL PALERMO ATENAS	- EROSIÓN - DESLIZAMIENTO	- REUBICACIÓN DE HABITANTES. - RECUPERACIÓN ZONA DE PROTECCIÓN DEL RÍO.

## 2. RIO MELÉNDEZ

( VER PLANO PMR -2 )

La cuenca de este río presenta múltiples factores de riesgo que deben ser atenuados, así como puntos específicos que merecen estudios especiales, por lo complejo de los problemas que lo afectan.

134

## **2.1 Zona Suburbana y Corregimiento de La Buitrera.**

Se necesitan acciones directas en los siguientes aspectos:

- a) Vigilancia y Control de la Actividad Minera. Las minas de carbón deben poner en marcha Planes de Mitigación que les permitan disponer adecuadamente los escombros resultantes de la explotación, así como recuperar las zonas afectadas por los procesos erosivos para evitar que este fenómeno siga avanzando.
- b) Adelantar programas de conservación y recuperación de las zonas boscosas afectadas por la intervención del hombre en la zona.

## **2.2 Zona Urbana.**

Dentro de esta zona hay sitios con problemáticas muy puntuales que ameritan soluciones propias, como son:

- a) Punto 1. A la altura de la calle 4ª, barrio Meléndez, en el sector del antiguo balneario El Aguacate, el dique-toma del Ingenio Meléndez debería ser demolido, ya que en la actualidad no se hace uso de esta estructura. Esta medida evitará el represamiento de las aguas y detendrá el proceso erosivo de las orillas, aguas abajo.
- b) Punto 2. El tramo entre la calle 5ª y el primer puente peatonal entre Multicentro y Las Vegas, correspondiente al barrio La Playa. Se requiere un estudio hidráulico específico para determinar cual es la obra más adecuada para el control de los desbordamientos y proceso erosivo de la margen derecha que se presenta en esta zona.
- c) Punto 3. Puente de la Avenida Pasoancho. Se requiere la ampliación de la luz horizontal del puente, de tal manera que se evite el represamiento aguas arriba de este punto.

135

Además el Río Meléndez requiere la construcción de muros de concreto para detener los procesos erosivos que se presentan en el Tramo entre las calles 4ª y 5ª y aguas abajo de Avenida Simón Bolívar, antes de la entrega al canal Interceptor Sur, así como en todas las curvas y recodos que tiene el cauce en su recorrido entre la calle 5ª y el Canal Interceptor Sur; en estos puntos el choque del agua a socavado la base de los jarillones actualmente construidos.

Particularmente, se requiere la elaboración de un estudio hidráulico que simule la corriente del río Meléndez en el sector entre la calle 5ª y el Canal Interceptor Sur. Este estudio debe determinar con mayor exactitud los riesgos que ofrecen los puentes de la calle 5ª y la avenida Simón Bolívar, ( FOTOGRAFIA M23 y M25 ), y la magnitud de la ampliación que requiere el puente de la avenida Pasoancho, además de fijar los parámetros para futuros puentes a ubicar en el sector de El Caney, principalmente y la necesidad de corregir la excesiva sinuosidad del cauce en la parte baja, que provoca la erosión de los taludes y la disminución de la velocidad, que ocasiona el depósito de materiales que ayudan a disminuir el cauce ya confinado del río.

Dicho Estudio debe evaluar el grado de seguridad ofrecido por los diques existentes, ya que estos deben garantizar el uso residencial que se le está dando al sector, con un tiempo de retorno mínimo de 1:100 años.

Otra obra a construir consiste en la elevación del paso a nivel del ferrocarril, que se constituye en la mayor restricción que tiene el cauce del río en este sector.

Para el tramo entre la carretera panamericana y el Canal Interceptor Sur, se debe realizar un Estudio que indique la magnitud de los diques que se requieren para evitar una inundación, ante el eventual proceso habitacional que sucederá en este sector.

Por otra parte, es prioritario llevar a cabo un estudio hidráulico del cauce en el que se evalúen las restricciones actuales de los puentes y la seguridad ofrecida por los diques marginales existentes.

**CUADRO No. V-3**  
**PROPUESTAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO: RIO LILI**

<b>ZONA</b>	<b>RIESGO</b>	<b>MITIGACIÓN</b>
ZONA SUBURBANA LA BUITRERA Y LA RIVERITA	DESPRENDIMIENTOS MASALES	REFORESTACION RECUPERACION DE SUELOS MANEJO DE ESCOMBROS
QUEBRADA GUALI ENTRE AVENIDA CAÑASGORDAS Y VIA PANAMERICANA	- INUNDACIÓN	- CANALIZACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN ADECUADA DE MUROS Y DIQUES.
RIO LILI TRAMO: AVENIDA CAÑASGORDAS Y VIA PANAMERICANA	- INUNDACIÓN	- CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE PROTECCIÓN.
PUENTE DEL FERROCARRIL ,VIA AL SUR	- INUNDACION.	- MODIFICACIÓN DEL PUENTE: AUMENTO DE LA LUZ VERTICAL DEL MISMO.
SECTOR ENTRE VIA PANAMERICANA Y CANAL C.V.C SUR.	- INUNDACIÓN	- ADECUADA CONSTRUCCIÓN DE DIQUES DE PROTECCIÓN.

#### **4. RIO PANCE**

( VER PLANO PMR - 3 )

Para reducir el riesgo por inundación se puede pensar en acciones de ingeniería tales como obras de protección. Sin embargo, las amenazas masales son más complicadas de contener, así que las medidas de mitigación en el área del río Pance deben tener como objetivo reducir la vulnerabilidad de las zonas afectadas, orientándolas hacia el cambio de uso del suelo, ya que este es el principal factor agravante del riesgo.

La aplicación de las medidas previstas dentro del Estatuto de Usos del Suelo y la planificación territorial, son acciones inevitables para evitar la invasión de las zonas de protección y la construcción de asentamientos en sitios inadecuados y amenazados, así como prácticas productivas ( pastoreo ) que tienden a deteriorar y tornar más riesgosas ciertas áreas de la cuenca.

Con respecto a la amenaza por inundación, se debe tener en cuenta que el río Pance es un río torrencial, que maneja mucha carga en sus crecientes, así que las obras de protección han de ser proyectadas de tal forma que dejen espacio suficiente y libre al río. Además este río no tiene muros, diques ni ningún tipo de obras a lo largo de su recorrido.

A continuación se presenta una descripción de las principales obras que se requieren en el río Pance.

- Sector de La Playita. La construcción inadecuada de gaviones en la margen izquierda restringe el cauce y ha ocasionado que el agua choque contra la margen opuesta, destruyendo la orilla e inundando esta zona. La construcción de nuevos muros es fundamental para proteger las orillas del río, los terrenos que poco a poco están siendo ocupados por el mismo, las viviendas allí asentadas y la carretera a Pance.

- Desde aproximadamente 300 m. arriba de La Vorágine y a lo largo de la margen izquierda del río, en el sector del Parque de La Salud, los taludes de la carretera están socavados por su cercanía al río, así que debe ser protegida con muros de contención en concreto. Las cimentaciones de estos muros deben tener suficiente profundidad para evitar que la acción de las aguas termine derrumbándolos.
- Hacia la margen derecha no hay infraestructura vial, ni viviendas que deban ser protegidas así que puede dejarse este espacio para libre circulación del río. Hacia esta margen existe mayor riesgo de inundación, por lo que debe evitarse futuras construcciones o invasiones. La existencia de la pista de trote en el Parque de La Salud, ocupando la franja de protección, obliga a la instalación de sistemas de alerta de crecientes y avalanchas o a su reubicación, además de otros sistemas de protección y programas de prevención y señalización.
- En el área del Club del Deportivo Cali el riesgo de inundación podría reducirse realizando obras de acondicionamiento del puente que restringe gravemente el cauce del río; debe anotarse que en este punto, el arrastre de material es considerable. Adicionalmente, se deberán proteger ambos márgenes aguas arriba y aguas abajo del puente, con muros de concreto. La alternativa de construir muros en gaviones se puede analizar, aunque existe la posibilidad de que la grava y piedras transportadas por el río rompan la estructura. En este caso, podría protegerse la cara húmeda del gavión con madera rolliza o una loza de concreto.
- El asentamiento de La Viga es de especial importancia, debido a que la inestabilidad marginal facilita el socavamiento, erosión e inundación. Los suelos son poco cohesivos (arenas, limos) y necesitan de protección con muros, lo mismo que la reubicación de las viviendas, por lo menos hasta detrás de los diques construidos. La altura media de los diques puede ser de 1.50 m., aunque ella deberá determinarse mediante un estudio apropiado. Sería conveniente que el diseño de estas obras se realizara para una creciente con un período de retorno de 1:100 años.

139

- La zona inundable comprendida entre el límite con la Asociación Campestre Shalom hasta la calle 18, sería conveniente protegerla, con diques ya que la frecuencia del desbordamiento es para caudales del río con frecuencias entre 10 y 25 años. Prioritariamente se debe proteger la margen izquierda, puesto que hacia este lado la densidad de población es mayor.

**CUADRO No. V-4**  
**PROPUESTAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO: RIO PANCE**

ZONA	RIESGO	MITIGACIÓN
LA PLAYITA	- INUNDACIÓN - DESPRENDIMIENTOS MASALES	- CONSTRUCCIÓN DE NUEVOS MUROS PARA PROTEGER VIVIENDAS Y LA CARRETERA A PANCE
DESDE 300m ARRIBA DE LA VORÁGINE HASTA PARQUE SALUD	- DESPRENDIMIENTOS MASALES - INUNDACION	- MUROS DE CONTENCIÓN PARA PROTECCIÓN DE VIA.
ALREDEDORES DEL PARQUE DE LA SALUD	- INUNDACION - AVALANCHAS	- INSTALACION DE SISTEMAS DE ALERTAS. - PROGRAMAS DE PREVENCIÓN Y SEÑALIZACIÓN.
ACCESO CLUB DEPORTIVO CALI: PUENTE	- REPRESAMIENTO - INUNDACIÓN	- ACONDICIONAMIENTO PUENTE VEHICULAR. - MUROS AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO
ASENTAMIENTO LA VIGA	- INUNDACION	- REUBICACIÓN DE VIVIENDAS - CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE PROTECCIÓN. - CONSTRUCCIÓN DE DIQUES.
TRAMO CLUB SHALOM HASTA LA CALLE 18	INUNDACIÓN	- CONSTRUCCIÓN DE DIQUES



140

## 5. COSTOS APROXIMADOS DE LAS OBRAS DE MITIGACION

Teniendo en cuenta las recomendaciones para la mitigación de riesgos por inundación y movimientos masales, se presentan dentro de este numeral los presupuestos aproximados de las obras propuestas para cada uno de los ríos incluidos en el Estudio. Estos costos se calcularon mediante un dimensionamiento básico, sin contar con levantamientos topográficos y estudios de suelos y por lo tanto, representan solamente una aproximación inicial. Los costos reales de las obras solo se podrán conocer, una vez realizados los respectivos diseños de detalle.

### 5.1 Obras Río Cali.

1. Muro de Protección La Isla .....	1'050.000.000
2. Muro de Protección Corredor de Floralia.....	2'000.000.000
3. Calle 70, margen derecha muro de protección.....	65'000.000
4. Protección de Taludes, sector de Normandía.....	190'000.000
<b>TOTAL.....</b>	<b>3305'000.000</b>

### 5.2 Obras Ríos Meléndez y Lili

1. Muros de contención Club Campestre, ambas márgenes .....	1'050.000.000
2. Muros de contención Sector La Playa.....	500'000.000
3. Quebrada Gualí, Sector Av. Cañasgordas - Entrega Río Lili .....	450'000.000
<b>TOTAL .....</b>	<b>2'000.000.000</b>

141

**5.3 Obras Río Pance**

1. Muro de protección vía a Pance .....	580'000.000
2. Muro protección Puente Sector Club Deportivo Cali.....	350'000.000
3. Diques zona inundable cerca a La Vega.....	500'000.000
4. Muro de protección de orillas zona de La Vega.....	390'000.000
<b>TOTAL.....</b>	<b>1'820.000.000</b>

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, J., Geología de las Cordilleras Central y Occidental Colombianas y Petroquímica de los intrusivos granitoides mesocenoicos. Boletín Geológico, INGEOMINAS, Vol 26 No. 2, p 1-175, Bogotá, 1983.
- Apsden, J., et al., The Geology of the Western Cordillera and Pacific coastal Plain in the Departament of Valle del Cauca. Informe 1983. INGEOMINAS -Misión Británica, 61 págs, Cali, 1984.
- Asesorías Ambientales Ltda., Caracterización Hidrológica y Evaluación de la Calidad de las Aguas de las Subcuencas del Municipio de Cali (Ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali, Cauca), Informe Final, Cali, 1996.
- Bruce, Turner, Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, London, 1992.
- Case, J., et al., Tectonic Investigations in Western Colombia and Eastern Panamá. Geological Society of American Bulletin, Vol 82, pp 2685-2712, 1971.
- Cardona Vargas, F. A., y Sepúlveda Ospina, M. J., Estudio Geológico-Ambiental de La Vertiente Occidental de Cali entre los ríos Cali y Lili. Tesis. Universidad de Caldas, Facultad de Geología y Minas, Manizales, 1991.
- Centro de Asistencia Legal Ambiental, CELA, Estudio sobre los Usos del Suelo en las Riberas de los Ríos del Municipio de Cali (Zona Urbana y Sub-urbana), Informe Final, Cali, 1996.
- Corporación Autónoma Regional del Cauca, C.V.C., Informe Desbordamiento del Río Lili, Mayo 29 de 1994, Subdirección Técnica, Sección Hidroclimatología, Informe C.V.C. ST-DET-HC-94-06, Cali, Junio de 1994.
- Estudio semidetallado de Erosión en las cuencas de los ríos Pance, Meléndez, Cali y Aguacatal, Cali, 1985.
- Estudio de zonificación de áreas para uso y manejo de suelos, Cali, 1980.
- Corrales, I., Estratigrafía. Clasificación de Rocas Sedimentarias. págs 272, Madrid (España), 1977.
- Cucalón, I., Geología del Valle Alto del río Cauca, en los departamentos del valle del Cauca y Cauca. INGEOMINAS, Informe No. 1544, Bogotá, 1969.
- Departamento Administrativo de Planeación Municipal, Estudio del Área Rural del municipio de Santiago de Cali, Estado Fisiográfico, Cali, 1983.
- Dunoyer, M., Geología Ambiental del Sector noroccidental del Municipio de Cali. Tesis. Universidad de Caldas, Facultad de Geología y Minas, Manizales, 1990.



143

BIBLIOGRAFIA

- Empresas Municipales de Cali, EMCALI Informe de las Precipitaciones ocurridas en Cali entre los días 27 de Marzo y 2 de Abril de 1994, Cali, Abril 15 de 1994.
- GEMCO LTDA., Estudio Geológico-Geomorfológico de las cuencas hidrográficas de los ríos Pance, Meléndez, Cali y Aguacatal. Informe para C.V.C., 1979.
- Gobernación del Valle del Cauca, Plan de Desarrollo Minero del Valle del Cauca, Santiago de Cali, Nov., 1994.
- Instituto Tecnológico Geominero de España I.G.A.C., Manual de Restauración de terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales en Minería, Madrid, 1994.
- Jardi, M., Estudio General de suelos del Sector Quebrado Restrepo, Cali, Jamundí, Cordillera Occidental (Departamento del Valle del Cauca), Subdirección Agrológica, Vol XIV No.4, pág 83-89 y 213-216, Bogotá, D.E., 1978.
- Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente Análisis Morfométrico de una Cuenca Hidrográfica. En: Revista de Geografía, Barcelona, España, 1984.
- Moore, I.D., O'Loughlin, E.M. and Burch, G.J., Guías Metodológicas para la elaboración de estudios de Impacto Ambiental, Minería a cielo Abierto, Vol. 4, Madrid, 1994.
- Organización Panamericana de la Salud, A contour-based topographic model for hydrological and ecological applications, Earth Surf. Proc. & Landforms 13, 305-20, 1988.
- Ortiz González, F. R., et al., Guías para la Mitigación de Riesgos Naturales en las Instalaciones de la Salud de los Países de América Latina, Programa de Preparativos para situaciones de emergencia y Coordinación del Socorro en Casos de Desastre, Washington, 1996.
- Patiño Mejía, Alberto, Procedimientos Metodológicos de Planificación en Cuencas Hidrográficas, Div. de Cuencas Hidrográficas, Grupo de Proyectos, C.V.C., 7 tomos, 1995.
- Pike, R.J. and Wilson, S.E., Canalización Río Lili y Zanjón Gualí, Contrato GAA-DLC-344-90-ALC, Hidroclimatología (Anexo 1), 1991.
- Regalado, H., G., Elevation-relief ratio, hypsometric integral and geomorphic area-altitude analysis. Geol. Soc. America Bull. 82, 1079-84, 1971.
- Hidroestudios Ltda. Río Cali, Estudio Hidrológico, Hidráulico y Geomorfológico, Dpto Administrativo de Planeación Mpal, Cali, 1994.
- Hidroestudios Ltda. Proyecto de Protección contra Inundaciones del Río Meléndez sector calle 5ª. Canal CVC Sur. (Aprox. 5600 m). Cali Nov 1994 (Meléndez S.A.)
- Hidroestudios Ltda. Proyecto de Protección contra Inundaciones del Río Lili. Sector Quebrada El Burro - Canal CVC Sur. Cali -



144

## BIBLIOGRAFIA

- |   |  |
|---|--|
| Oscar H. Arango. Topógrafo U. del Quindio.  | Nov. 1994 (Meléndez S.A.)<br>Levantamiento Topográfico del Río Cali. Tramo: Puente Normandía - Zoológico Mpal. (Entre el cordón de la vía y la orilla del Río) Agosto 1995 (Dagma).                    |
| Saya Ingeniería y Geotecnia Dpto. Adm. De Planeación Mpal. DAP-                                   | Análisis socioeconómico, Histórico de la Obra y su ocupación, de Usos del Suelo, Institucional, Normativo, Jurídico y Físico - Técnico de los Jarillones. La Flora y Aguablanca. Abril 1996.           |
| Asoambiente Ltda. DAGMA   | Caracterización Hidrológica y Evaluación de la Calidad de Aguas de la Sub-cuenca del Municipio de Cali (ríos Pance, Lili, Meléndez, Cañaveralejo, Aguacatal, Cali y Cauca). Informe Final. Marzo 1996. |
| Alcaldía de Santiago de Cali - Secretaría de Gobierno - Subsecretaria de Emergencias y Desastres. | Plan para la Mitigación de Riesgos en Cali. Santiago de Cali, Noviembre de 1996  |
| HIDRO-OCCIDENTE - Ingenieros Consultores.   | Proyecto Avenida Colombia. Estudio de los Efectos por Desbordamientos del Río Cali y Planeamiento de Soluciones. Santiago de Cali, Mayo de 1996.   |
| Andrew Makrey (Compilador) La Red   | Los desastres no son naturales. Octubre de 1993.   |
| Empresas Municipales de Cali - EMCALI - INGESAM LTDA  | Estudio de Impacto Ambiental para el Sistema de Acueducto "La Reforma". Cali, Febrero de 1992.   |
| Empresas Municipales de Cali, EMCALI - INGESAM LTDA.  | Estudio de Impacto Ambiental para el Sistema de Acueducto "Cali Alto", Cali, Mayo de 1992.   |



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>Afloramiento</b>	Efecto de aflorar; que aparece en superficie.
<b>Amenaza natural</b>	Peligro latente asociado a un fenómeno de origen natural que puede manifestarse en un sitio específico y durante un período determinado, produciendo efectos adversos sobre las personas, sus bienes y el medio ambiente.
<b>Anticlinal</b>	Configuración de las rocas estratificadas que se pliegan con los flancos en direcciones opuestas, formando un arco con la convexidad hacia arriba.
<b>Banco</b>	Roca simple que , en el afloramiento, presenta un relieve particular.
<b>Buzamiento</b>	Inclinación de una capa, medida con respecto a la horizontal.
<b>Capa</b>	Unidad litológica compuesta de uno o varios estratos.
<b>Cadena de montañas</b>	Serie o grupo de montañas conectadas, que tienen una dirección definida.
<b>Deformación</b>	Cambio de dimensiones de la materia como reacción a un esfuerzo.
<b>Descomposición</b>	Sinónimo de intemperismo químico.
<b>Depositación</b>	Acción y efecto de depositarse los materiales pétreos que, posteriormente, forman las rocas.
<b>Dendrítico</b>	De forma arborescente.
<b>Discordancia</b>	Falta de correspondencia o conformidad entre las capas de roca.
<b>Eje del pliegue</b>	Línea imaginaria que, en proyección vertical, representa el plano axial de un pliegue.
<b>Elementos estructurales</b>	Son las partes de un edificio que resisten y transmiten a la cimentación las fuerzas del propio peso de la edificación y su contenido, las cargas causadas por sismos, huracanes u otro tipo de acciones ambientales.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>Elementos no estructurales</b>	Todos los elementos de un edificio diferentes a su estructura portante, tales como su fachada, ventanas, los cielorrasos, paneles divisorios, equipos, instalaciones eléctricas, mecánicas e hidráulicas y, en general, los inventarios de muebles y otros enseres.
<b>Intensidad</b>	En un sismo, es la medida de la severidad de la sacudida en un sitio particular, cercano o lejano del sitio de origen del sismo, calificado según los efectos del mismo.
<b>Epicentro</b>	En un sismo, es la proyección del foco sobre la superficie terrestre.
<b>Estratos</b>	Depósito sedimentario continuo, homogéneo, separado de los depósitos superiores e inferiores por un cambio marcado en la composición o por una superficie de erosión.
<b>Estratificación</b>	Estructura producida por el depósito de sedimentos a manera de estratos.
<b>Estructura montañosa</b>	Elevación producida por la deformación de las rocas.
<b>Facies</b>	El ensamblaje de los caracteres de una roca o de una unidad sedimentaria, resultado de las condiciones geográficas, climáticas, topográficas, físico-químicas y biológicas.
<b>Falla</b>	Superficie de ruptura de una roca o conjunto de rocas, a lo largo de la cual ha habido movimiento diferencial.
<b>Farallón</b>	Masa de roca de paredes abruptas que, a manera de isla pequeña aislada permanece enfrente del extremo de un promontorio. Ha quedado separado por erosión e intemperismo.
<b>Flanco</b>	Lado; una de las dos partes de un anticlinal o sinclinal que quedan a cada lado del eje.
<b>Foco</b>	En un sismo, es el punto donde se inicia la liberación de energía.
<b>Índice de Plasticidad</b>	Variación del contenido de agua entre los límites líquido y plástico.
<b>Intemperismo</b>	Cambios que se suceden en los minerales y las rocas, generalmente cerca de la superficie terrestre, por efectos de la atmósfera, las plantas o la vida animal.
<b>Límite Plástico</b>	Menor contenido de agua en el cual el suelo es plástico.



147

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

<b>Magnitud</b>	Es una medida obtenida de la cantidad de energía liberada por un sismo, la cual se calcula de registros del evento realizado con un sismógrafo calibrado.
<b>Meteorización</b>	Sinónimo de intemperismo.
<b>Nivel estructural</b>	Estado caracterizado por un mismo mecanismo de deformación.
<b>Orogénesis</b>	Proceso de formación de las cordilleras en las zonas débiles y móviles de la corteza terrestre.
<b>Plegamiento</b>	Surco o desigualdad en la corteza terrestre.
<b>Riesgo</b>	Es la probabilidad de que se presenten pérdidas o consecuencias económicas y sociales debido a la ocurrencia de un fenómeno peligroso.
<b>Roca</b>	Agregado de minerales de diferentes clases y en proporciones variables.
<b>Roca ígnea intrusiva</b>	Formada a altas temperaturas y consolidada a grandes profundidades.
<b>Rumbo</b>	Dirección de la horizontal de una capa con relación al norte.
<b>Sinclinal</b>	Plegamiento cóncavo hacia arriba.
<b>Tectónica</b>	Estudio de la estructura de la corteza de la tierra y de los movimientos que ha sufrido.
<b>Vulnerabilidad</b>	Es una medida de la susceptibilidad, o predisposición intrínseca de los elementos expuestos a una amenaza, a sufrir un daño o una pérdida.



ANEXO FOTOGRAFICO

RIO CALI





**FOTOGRAFIA No 3.**

Río Cali vista hacia aguas arriba del puente en el Cruce de la vía Leonera -Felidia  
Obsérvese la calidad de las aguas y la protección forestal de sus orillas.





**FOTOGRAFIA L11**

Zona posterior al Colegio Aleman, es una zona de muy alto riesgo de inundación.



**FOTOGRAFIA L12**

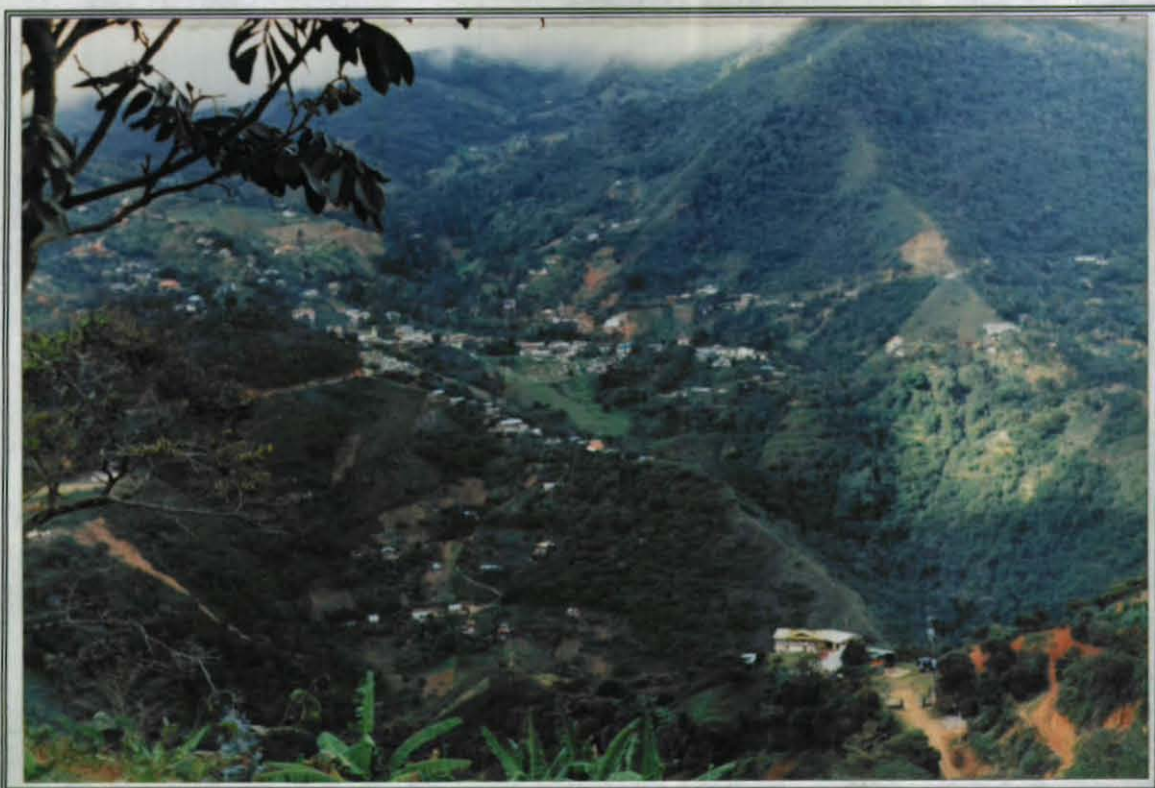
Caserío Lili, invade la zona de protección de la Margen izquierda, note como esta margen es más alta que la margen derecha.





FOTOGRAFIA L13  
Quebrada Gualf en la entrada del Colegio Alemán.





**FOTOGRAFIAS C2 y C3.**

Vista hacia el Sureste de la Cuenca del Río Cali, desde la vía Pichindé - Felidia.  
Obsérvese las zonas de erosión por desprendimiento en suelos lateríticos de la formación volcánica.  
En la foto C2 se observa la Población de Felidia.







FOTOGRAFIA C 4

Río Pichindecito. Vista aguas arriba del puente de cruce de la vía Pichindé - La Leonera



FOTOGRAFIA C 5

Areas con problemas erosivos en la cuenca del Río Cali. Vista desde el alto vertederos





**FOTOGRAFIA C6 y C7**

Erosión remontante por escurrimiento concentrado y mal localización de las obras de drenaje de la vía Pichindé - La Leonera. Vista hacia el sur.

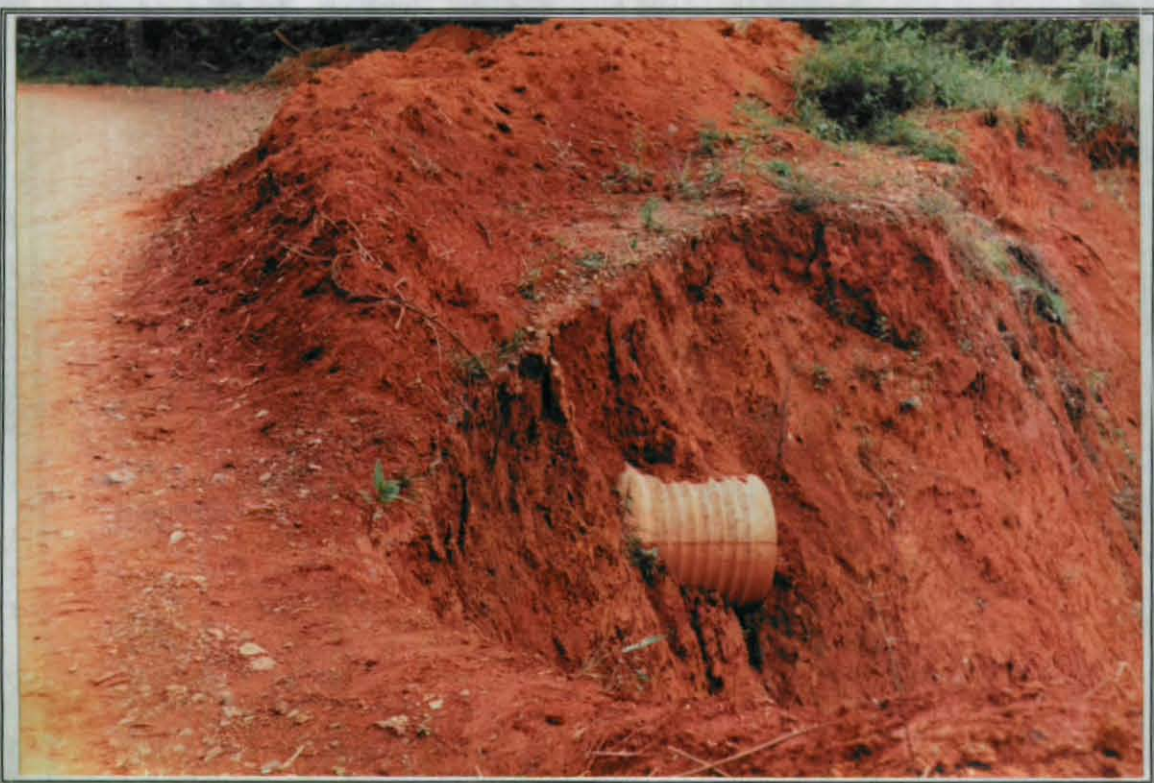






**FOTOGRAFIA C8**

Volcamiento de suelos en la formación volcánica Kv. Vía vertederos - La Leonera



**FOTOGRAFIA C9**

Erosión Remontante por escurrimiento concentrado, mala localización de la obras de drenaje de la vía Pichindé - La Leonera. Vista hacia el Norte.

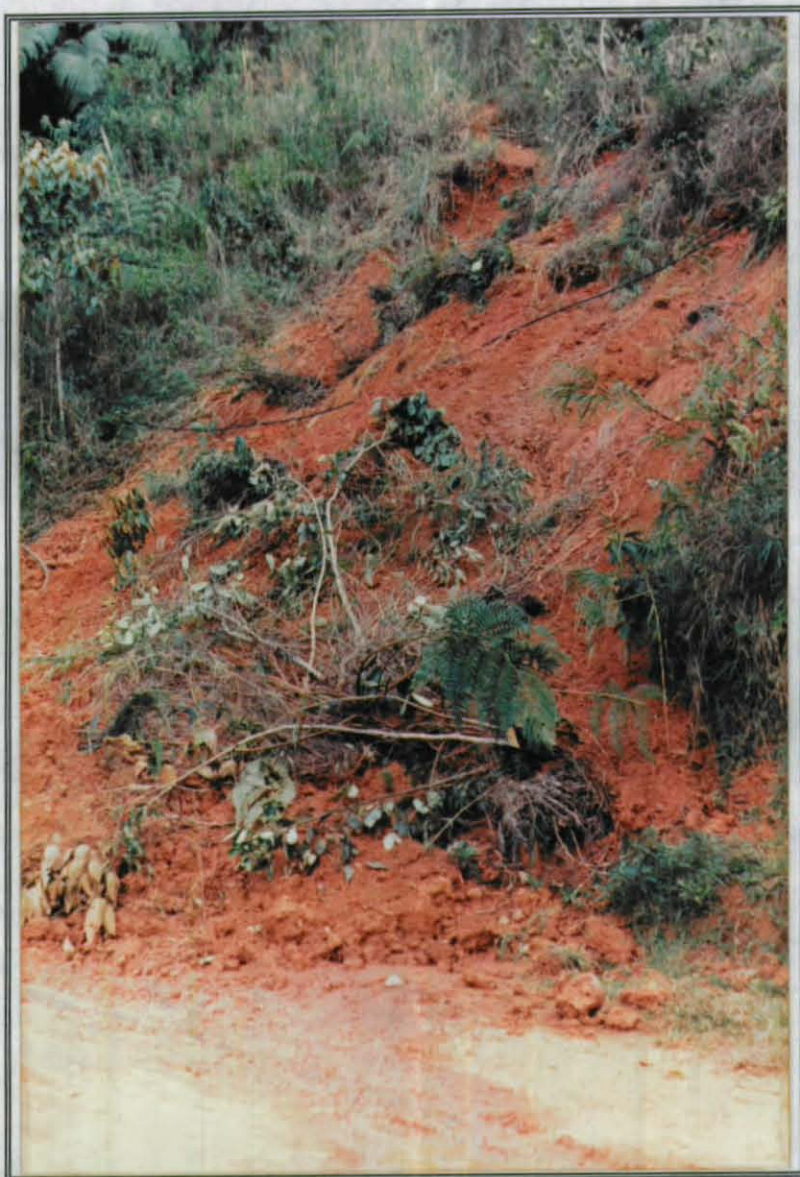




**FOTOGRAFIA C10**

Deslizamiento de suelos en la vía Pichindé - La Leonera.  
Obsérvese que se ha adecuado como camino sin obras de drenaje.





**FOTOGRAFIA C11**

Deslizamiento de suelos de la formación volcánica (Kv) en cercanías de la Quebrada Agua Bonita. Cuenca del Río Cali.





**FOTOGRAFIA C12**  
Vista Ciudad de Cali, cantera abandonada



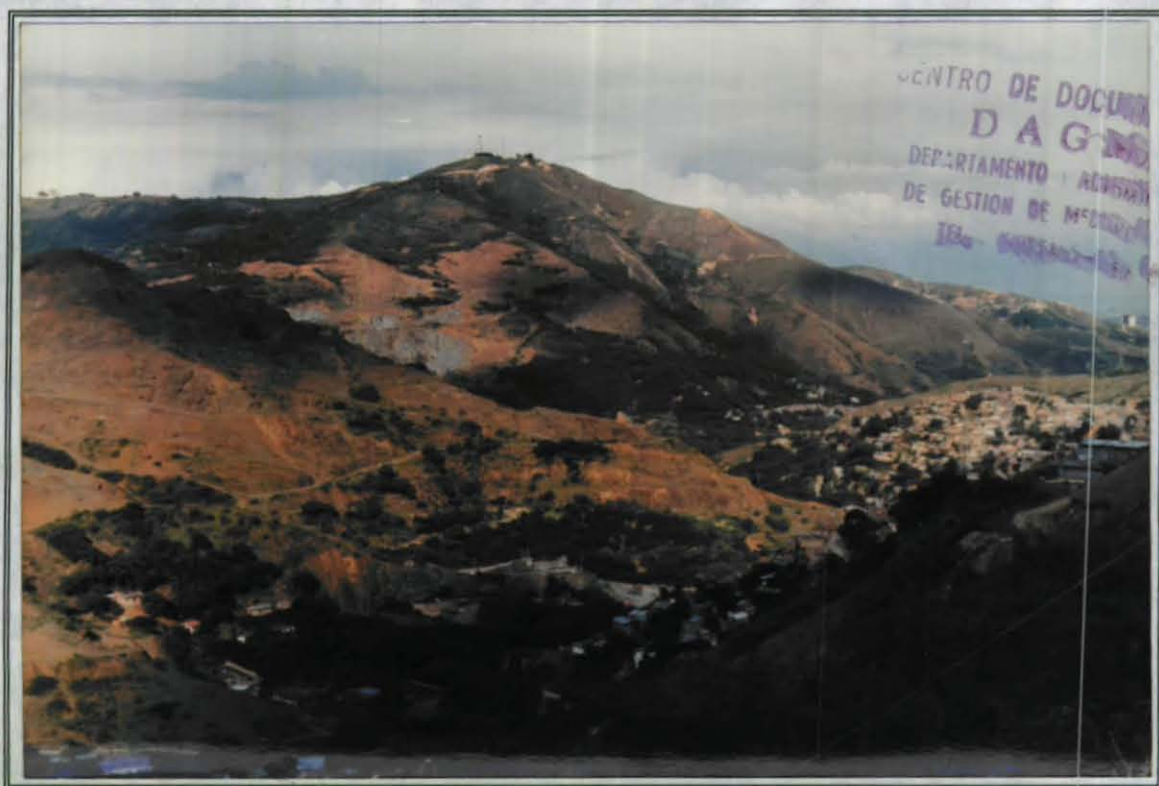
**FOTOGRAFIA C13**  
Vista al este de la Cuenca del Río Cali. Al fondo la Ciudad de Cali y una cantera abandonada en inmediaciones del Club de Caza y Pesca.



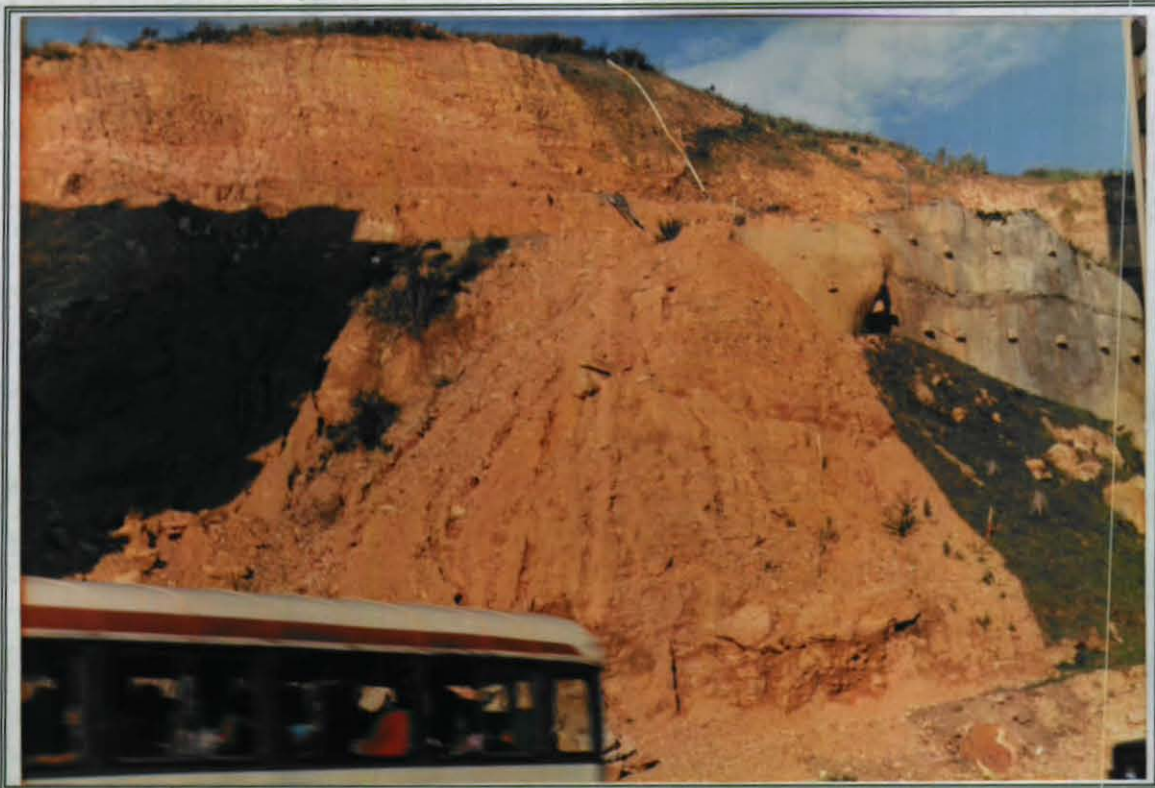


**FOTOGRAFIA C14 y C15**

Explotación de Roca Muerta en una cantera entre las Cuencas Aguacatal - Chacho y Cali en la vecindad de El Saladito. Los escombros inciden sobre el Cauce del Río Cali.

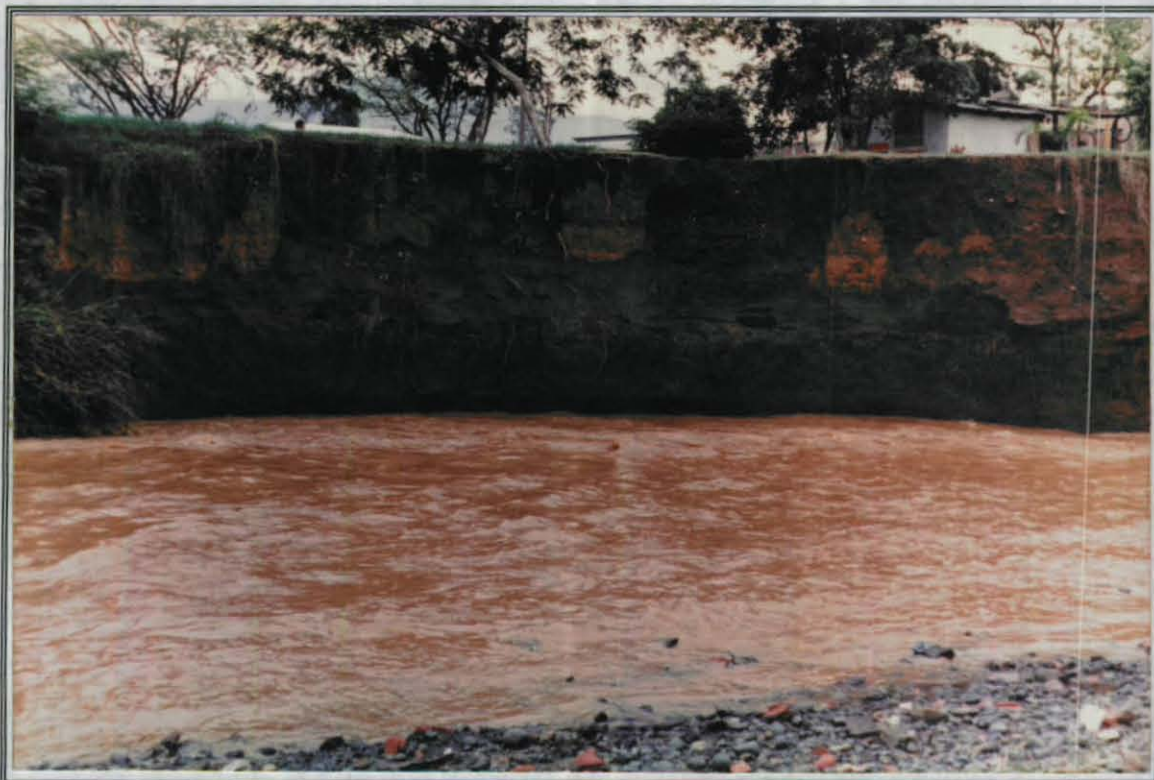






**FOTOGRAFIA C16**

Desprendimiento de Suelos en la margen izquierda del Río Cali, vecina al Barrio Normandía (Cuenca del Río Aguacatal). Los escombros inciden sobre cauce del Río Cali.



**FOTOGRAFIA C17**

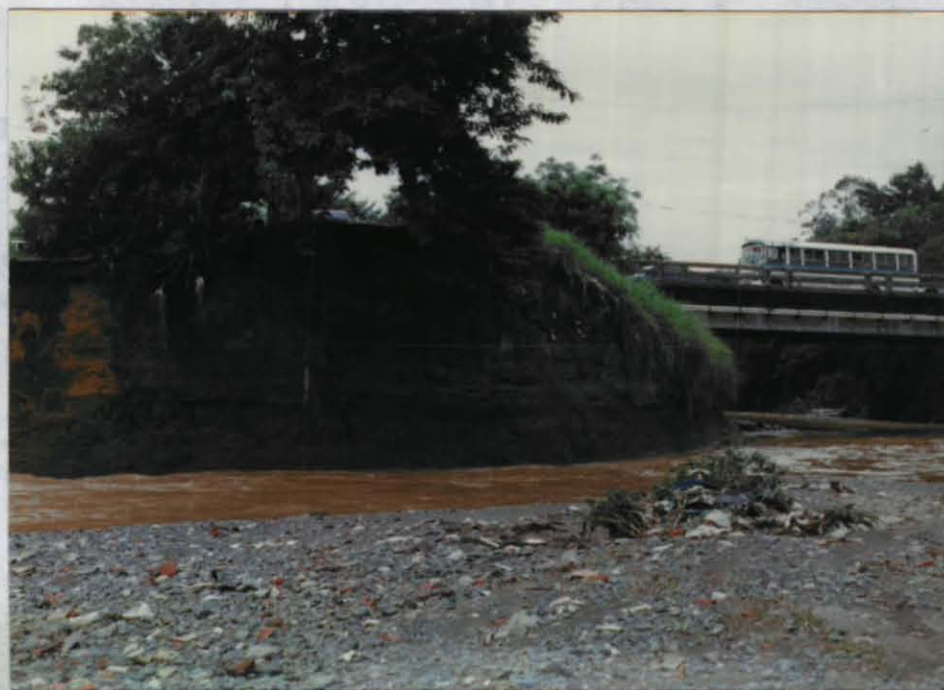
Río Cali en la Vecindad del puente de la Calle 70. Vista hacia la margen izquierda. Obsérvese erosión de la orilla.





**FOTOGRAFIA C18 - C19**

Río Cali en la vecindad del puente de la calle 70. Vista hacia la margen izquierda  
erosión de orillas y sitio de disposición de escombros.







**FOTOGRAFIA C20**

Puente calle 8N del conservatorio y peatonal - vista muro lado derecho.



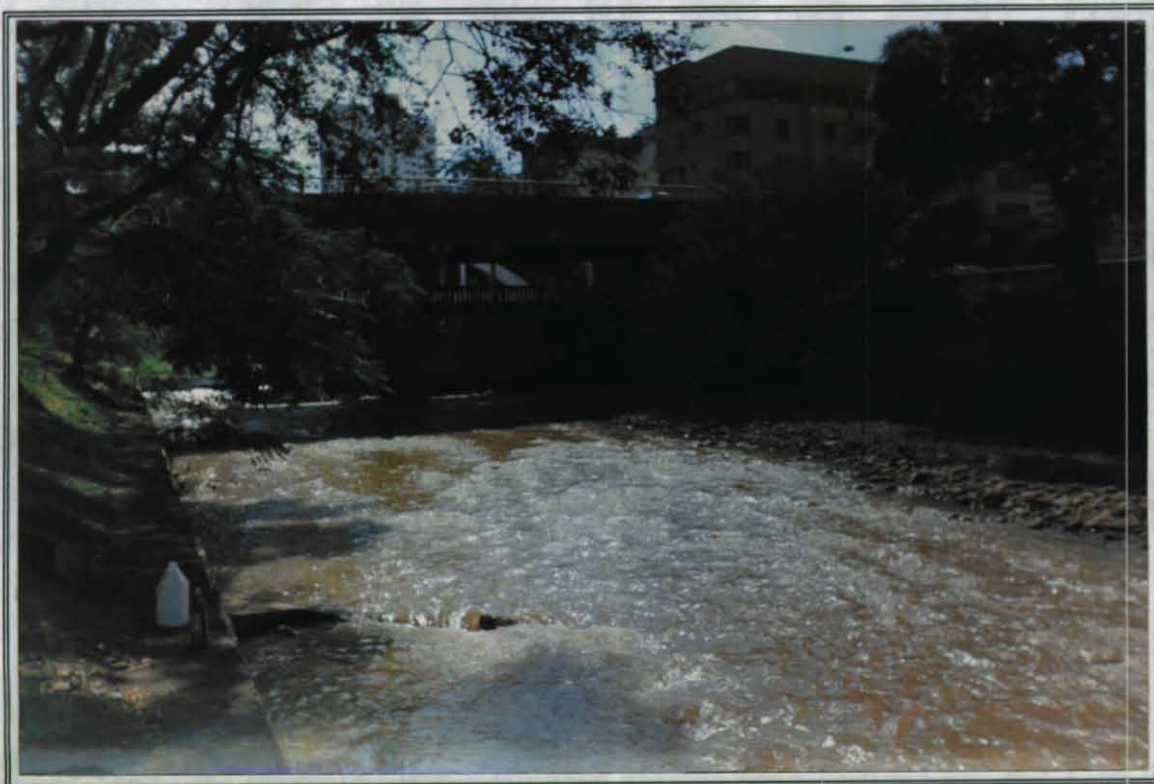
**FOTOGRAFIA C21**

Muros a lado y lado, puente Paseo Simón Bolívar.





**FOTOGRAFIA C22**  
Puente Paseo Simón Bolívar.



**FOTOGRAFIA C23**  
Puente calle 15, cerca al Club Colombia.





**FOTOGRAFIA C24**  
Puente 3 Norte cerca a Hotel Valle Real

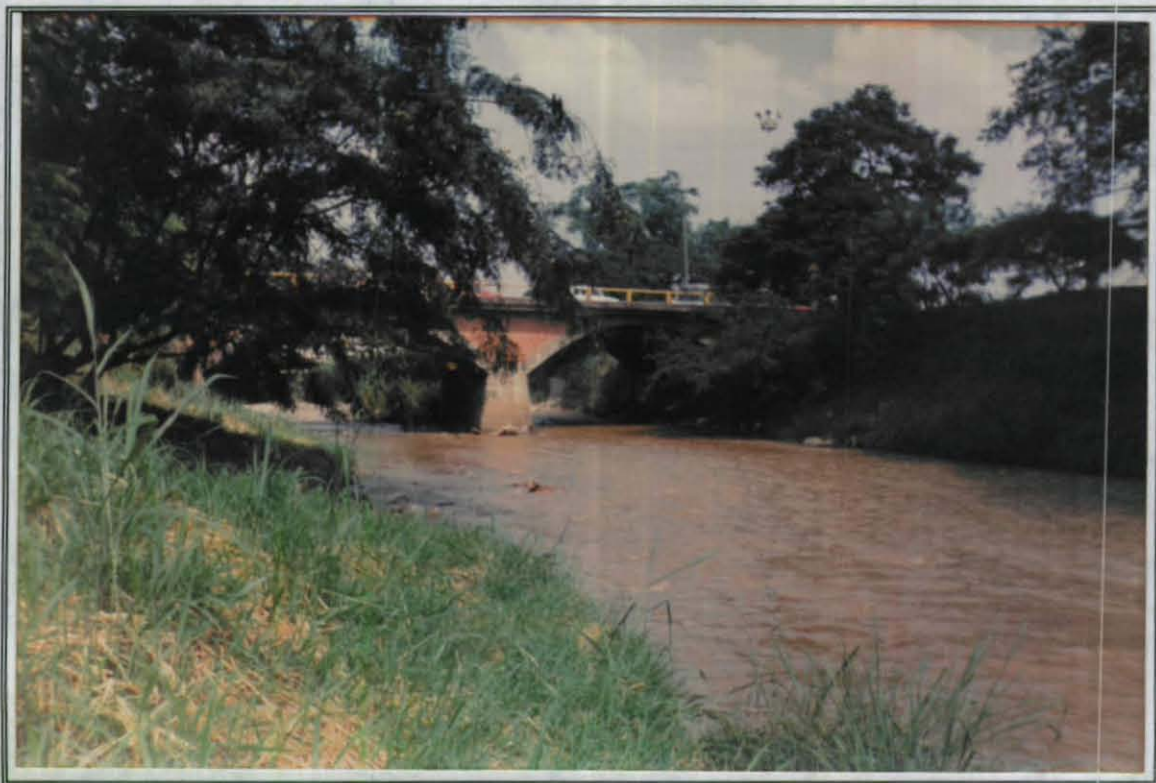


**FOTOGRAFIA C25**  
Calle 19N - Inicio del tramo sin muro a ambos lados.



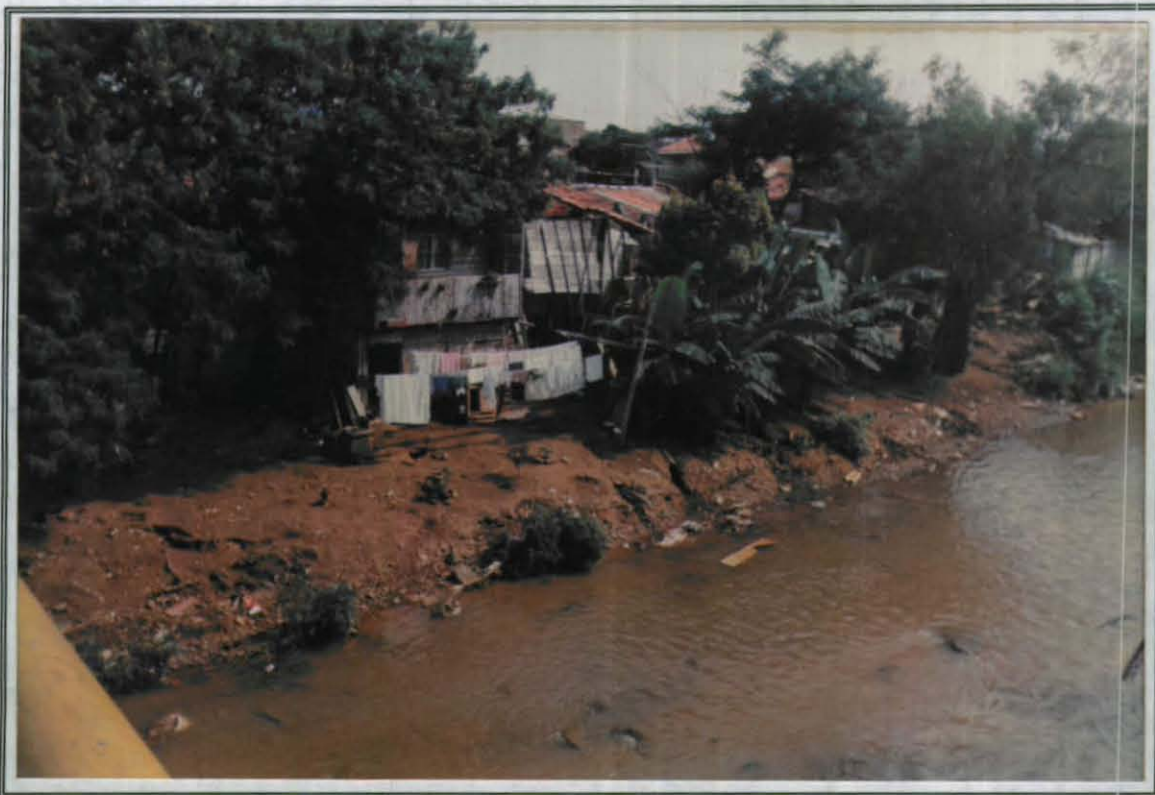


**FOTOGRAFIA C26**  
 Puente Calle 21 - Muro lado derecho.



**FOTOGRAFIA C27**  
 Puente sobre la Clínica de los Remedios.





**FOTOGRAFIA C28**

Vista aguas arriba puente de la calle 44. Asentamiento la Isla.



**FOTOGRAFIA C29**

Vista aguas abajo, puente de la calle 44. Asentamiento la Isla.



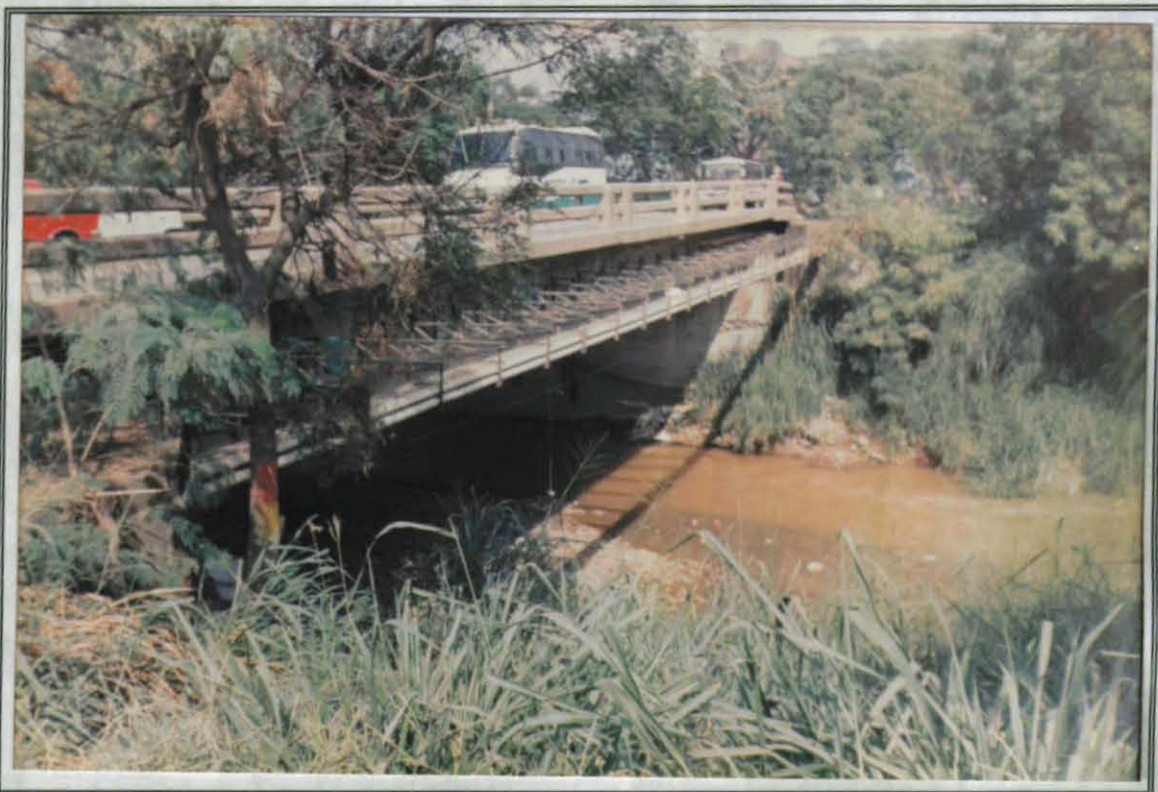


**FOTOGRAFIA C30**  
Puente calle 52, sin muros a ambos lados.



**FOTOGRAFIA C31**  
Vista aguas abajo puente calle 52, pequeño muro construido margen izquierdo.





**FOTOGRAFIA C32**  
Puente calle 70, aguas arriba sin muros.



**FOTOGRAFIA C33**  
Tramo corredor de Floralia aguas arriba, sin diques.





FOTOGRAFIA C39

Tramo corredor Floralia aguas abajo, sin diques.





FOTOGRAFIA C 35

Calle 75N. Casas sobre el jarillón. Corredor de Floralia



FOTOGRAFIA C 36

Calle 81N - Erosión de taludes en la Margen Izquierda, vertimiento de aguas residuales de marraneras.





FOTOGRAFIA C 37

Calle 81N. Escombros y basuras en la Margen Derecha.



FOTOGRAFIA C 38

Sitio cerca a la Estación de Bombeo de Floralia. Escombros de construcción en la Margen Derecha.





FOTOGRAFIA C 39

Cerca a la Estación de Bombeo de Floralia. Vertimiento de aguas residuales.



FOTOGRAFIA C 40

Calle 83F. Riesgo de inundación sobre la Margen Izquierda.





FOTOGRAFIA C 41

Cerca a la Desembocadura en el Río Cauca. Invasión del jarillón con viviendas.



FOTOGRAFIA C 42

Desembocadura del Río Cali en el Río Cauca.

RIO MELENDEZ





**FOTOGRAFIA M1**

Vista al Este de la Cuenca del Río. Desde la vía Carmelo - La Luisa.  
Obsérvese el buen estado de conservación de la Cuenca.



**FOTOGRAFIA M2**

Zona de explotación carbonífera. Corregimiento de la Buitrera.





**FOTOGRAFIA M3**

Mina carbonífera de la Buitrera. Margen izquierda Río Meléndez. Los suelos son arcillosos residuales de limditas alteradas. Obsérvese el proceso de carcavamiento en la parte alta que representa una amenaza de represamiento por la cercanía al Cauce del Río.



**FOTOGRAFIA M4**

Proceso erosivo en la Cuenca, parte alta corregimiento de Meléndez.





**FOTOGRAFIA M5**

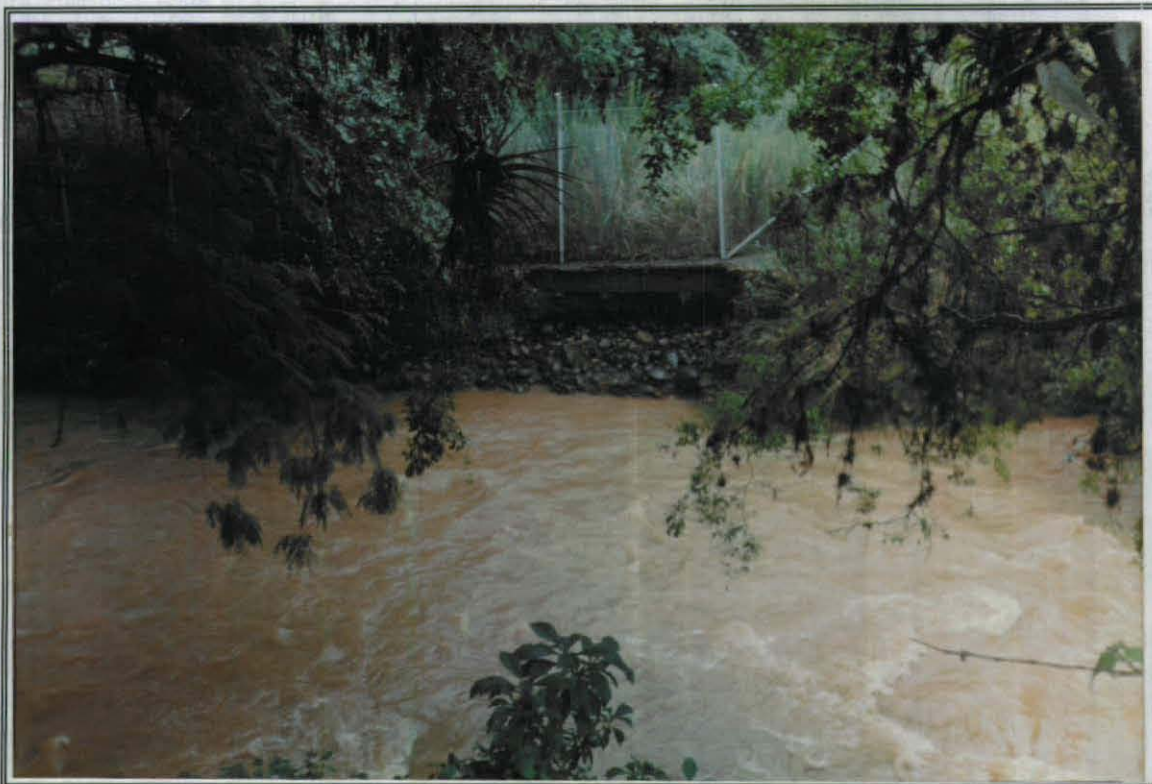
Calle 4, Barrio Meléndez, Antiguo Dique toma del Ingenio Meléndez.  
Obsérvese el canal de aducción al fondo, época invernal.



**FOTOGRAFIA M6**

Dique toma Ingenio Melendez. Epoca de verano.





**FOTOGRAFIA M7**

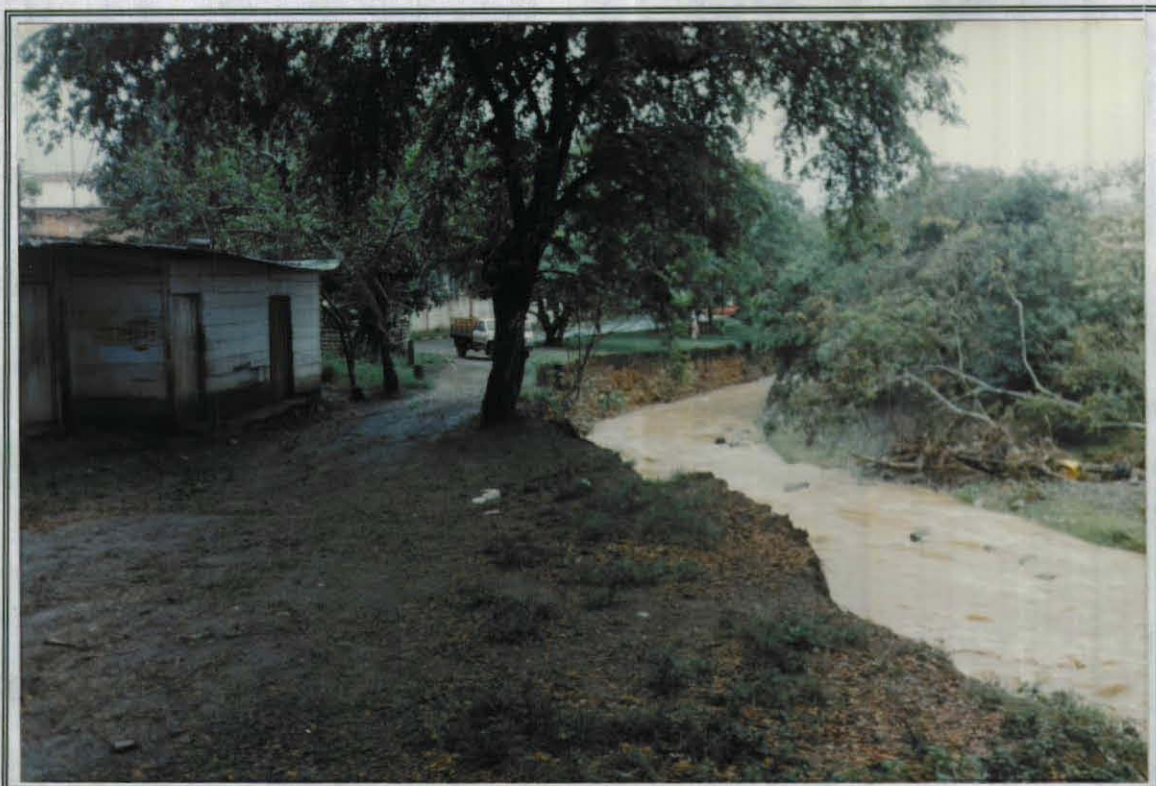
Erosión orilla derecha, aguas abajo Dique toma Ingenio Melendez,  
instalaciones del Club Camprestre.



**FOTOGRAFIA M8**

Erosión orilla izquierda, agua abajo Dique toma del Ingenio Melendez.





## FOTOGRAFIA M9

Barrio Melendez, Calle 4 y 4B, Nótese la amenaza que representa la acción del Río para las viviendas e infraestructura del sector.



**FOTOGRAFIA M10**

Barrio La Playa, margen derecha, proceso erosivo causado por el río al salir del puente de la calle 5.

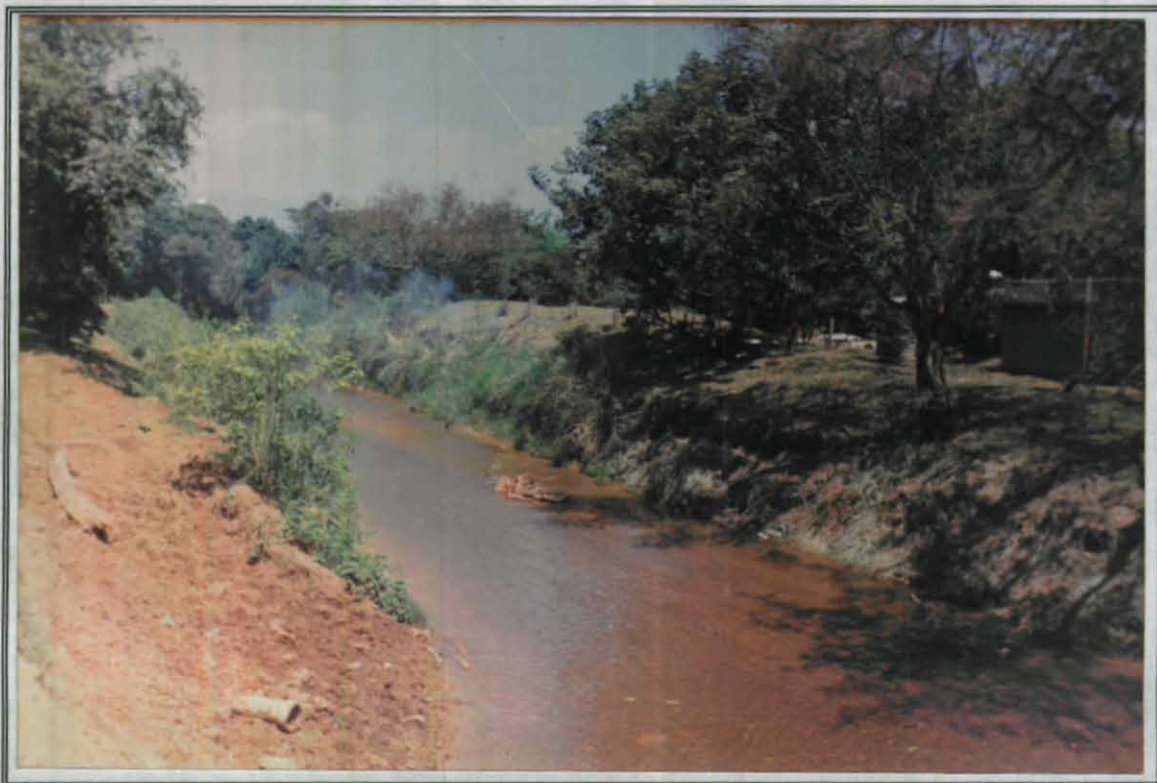
CENTRO DE DOCUMENTACION





**FOTOGRAFIA L7**

Puente avenida cañas gordas, ampliado después de las inundaciones de Mayo de 1994.



**FOTOGRAFIA L8**

Dique de la Margen derecha entre la Avenida Cañasgordas y la Quebrada Gualí.





**FOTOGRAFIA L9**

Dique de la Margen izquierda entre la Avenida Cañasgordas y la Quebrada Gualí.



**FOTOGRAFIA L10**

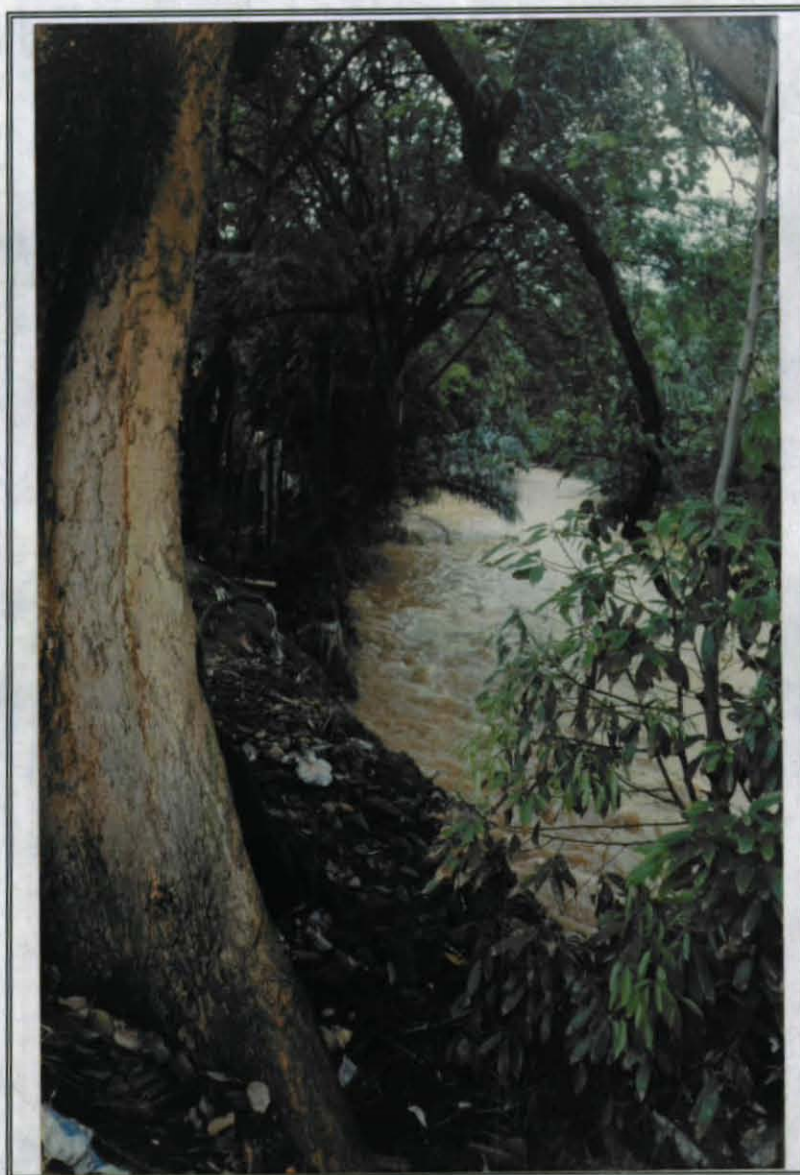
Puente línea férrea vía a Popayán. Causa una gran restricción que represa al río, Notose los niveles alcanzados por las aguas.





**FOTOGRAFIA M11**  
Barrio La Playa, invasión margen derecha.





**FOTOGRAFIA M12**

Barrio La Playa, época invernal, el riesgo por inundación es alto.





**FOTOGRAFIA M13**

Sector La Playa - Multicentro. Nótese el fuerte fenómeno erosivo causado por la curva forzada que toma el cauce.



**FOTOGRAFIA M14**

Multicentro, erosión causada por la sinuosidad del río en el trayecto Multicentro - Canal CVC sur.





**FOTOGRAFIA M15**

Puente peatonal Multicentro, obsérvese los depósitos de basura que indican el nivel de las aguas alcanzado en día 16 de Marzo de 1997.



**FOTOGRAFIA M16**

Multicentro, anegación de la zona verde (residuos en los árboles). Marzo 16 de 1997.





**FOTOGRAFIA M17**

Puente de la Avenida Pasoancho, ofrece la mayor restricción al cauce formando represamientos.



**FOTOGRAFIA M18**

Puente de la Avenida Pasoancho, obsérvese el nivel que alcanzaron

Marzo 16 de 1997

las aguas





**FOTOGRAFIA M19**

Urbanización El Ingenio, Calle 14 con Cra. 83, en este sitio las aguas sobrepasaron el Dique de la Margen Derecha anegando la zona verde y residencias de la parte baja.  
Marzo 19 de 1997.



**FOTOGRAFIA M20**

Urbanización El Ingenio, Calle 14 con Cra. 83, un día después de la creciente del día 16 de Marzo.





**FOTOGRAFIA M21**

Dique margen derecha a la altura de la Autopista Simón Bolívar.



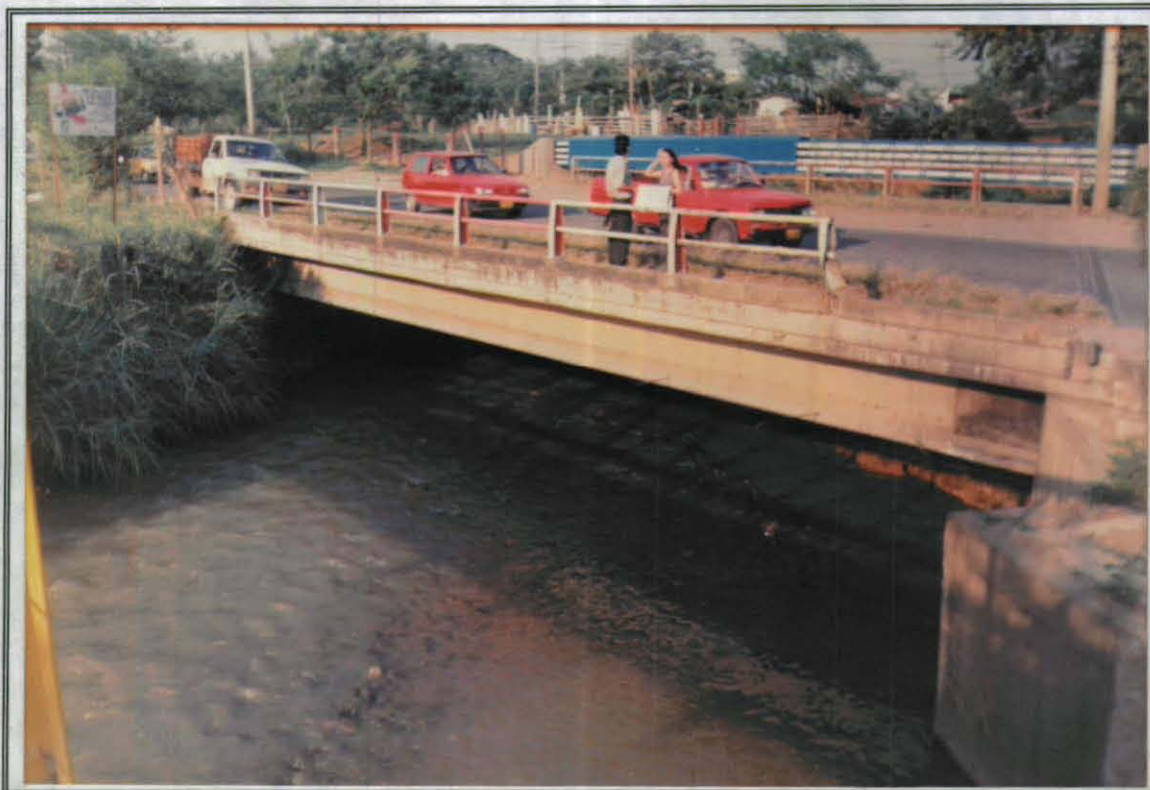
**FOTOGRAFIA M22A**

Urbanización El Ingenio, calle 17 con Cra. 83, inundación de la zona verde un día después de la crecida del 16 de Marzo.

**FOTOGRAFIA M22B**

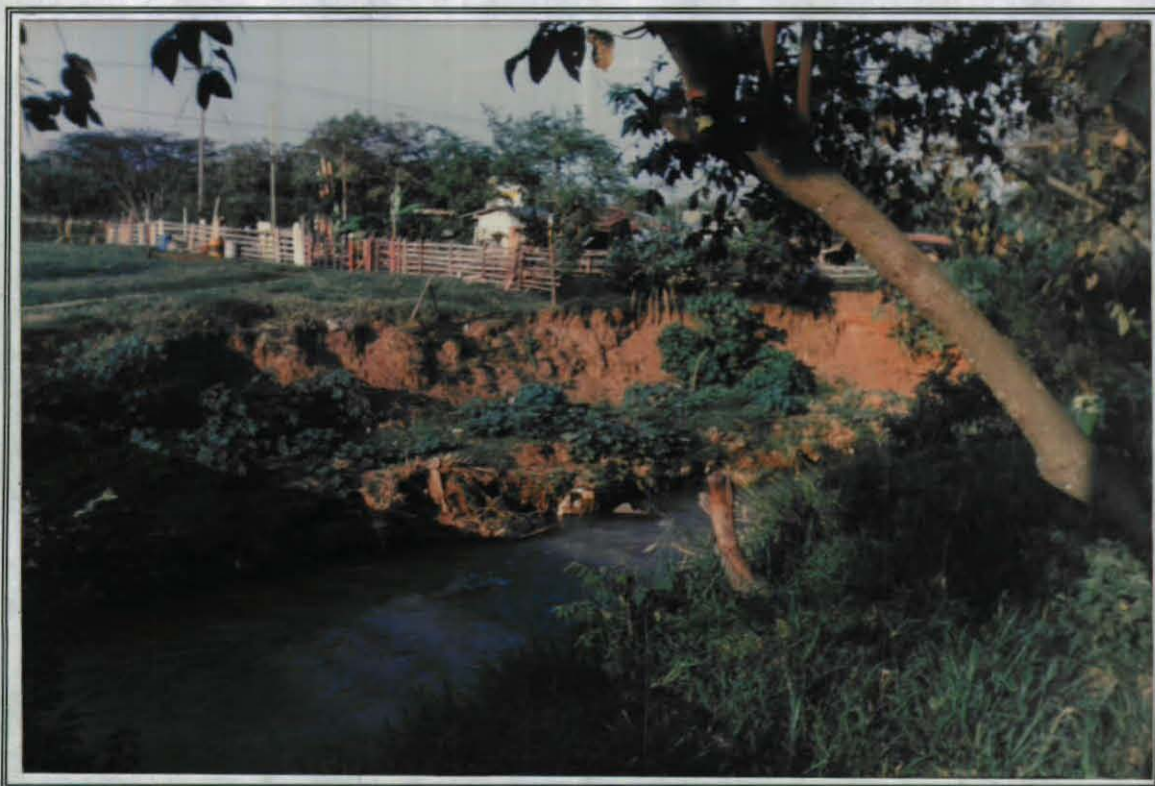






**FOTOGRAFIA M23**

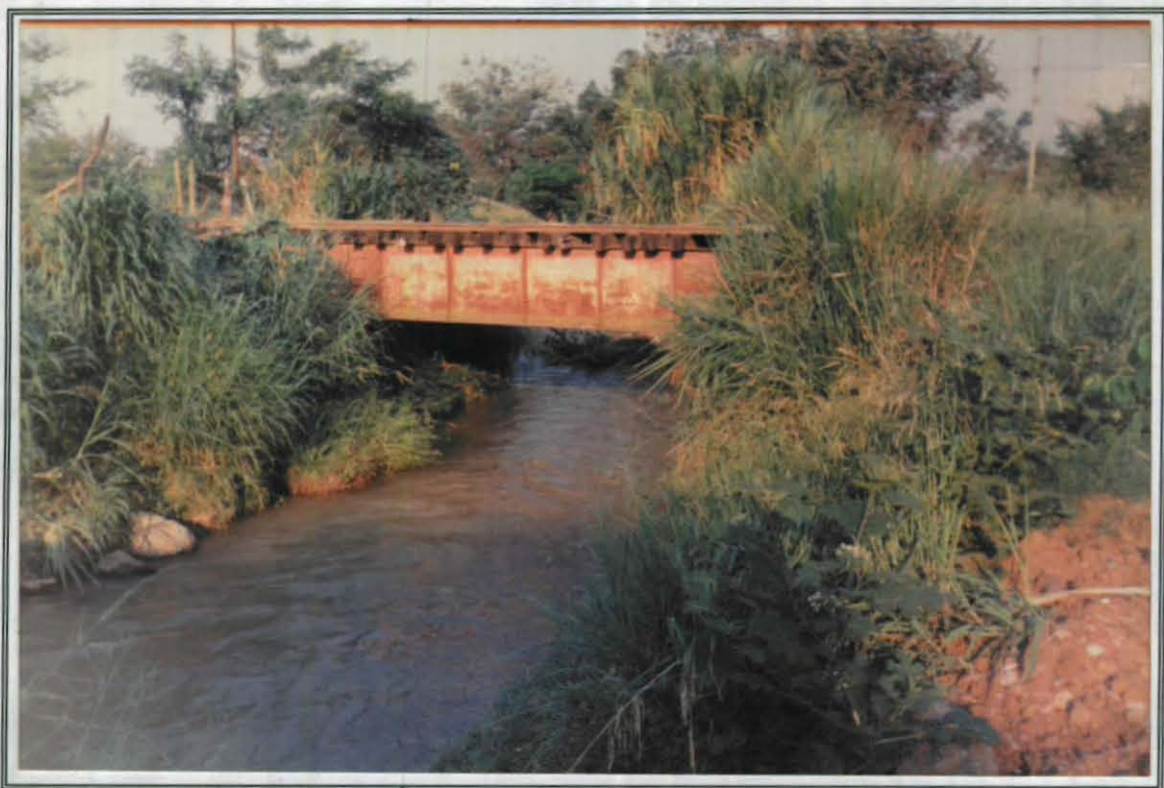
Puente de la Autopista Simón Bolívar, ofrece una menor restricción que el puente de la Avenida Pasoancho.



**FOTOGRAFIA M24**

Erosión de la margen izquierda aguas abajo de la autopista Simón Bolívar, por carencia de vegetación.





**FOTOGRAFIA M25**  
Paso nivel vía férrea, Ciudadela Confandi.

RIO PANCE





**FOTOGRAFIA P 1 y P 2**

Vista al oeste de la cuenca, obsérvese los asentamientos poblacionales dentro del valle dell río susceptibles de sufrir daños con un eventual represamiento del mismo. Al extremo inferior el caserío Pance.

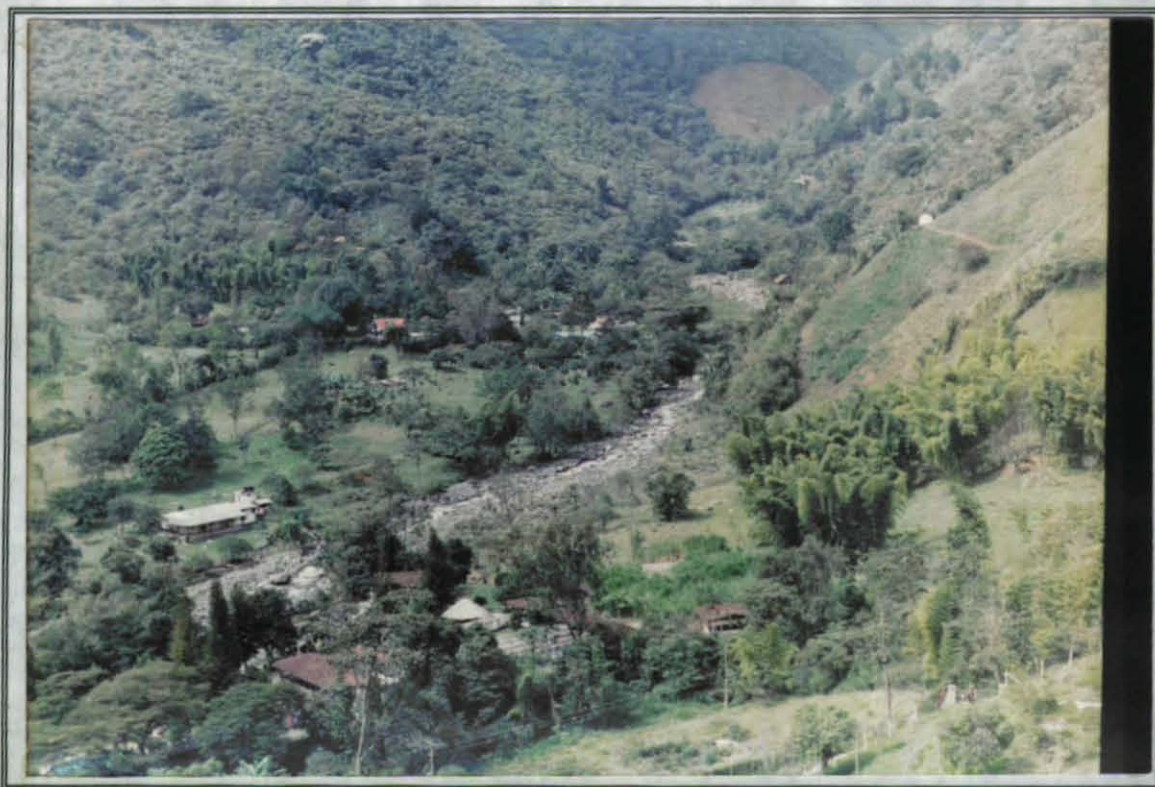






**FOTOGRAFIA P 3 y P 4**

Vista al oeste de la cuenca, obsérvese los asentamientos poblacionales dentro del valle dell río susceptibles de sufrir daños con un eventual represamiento del mismo.



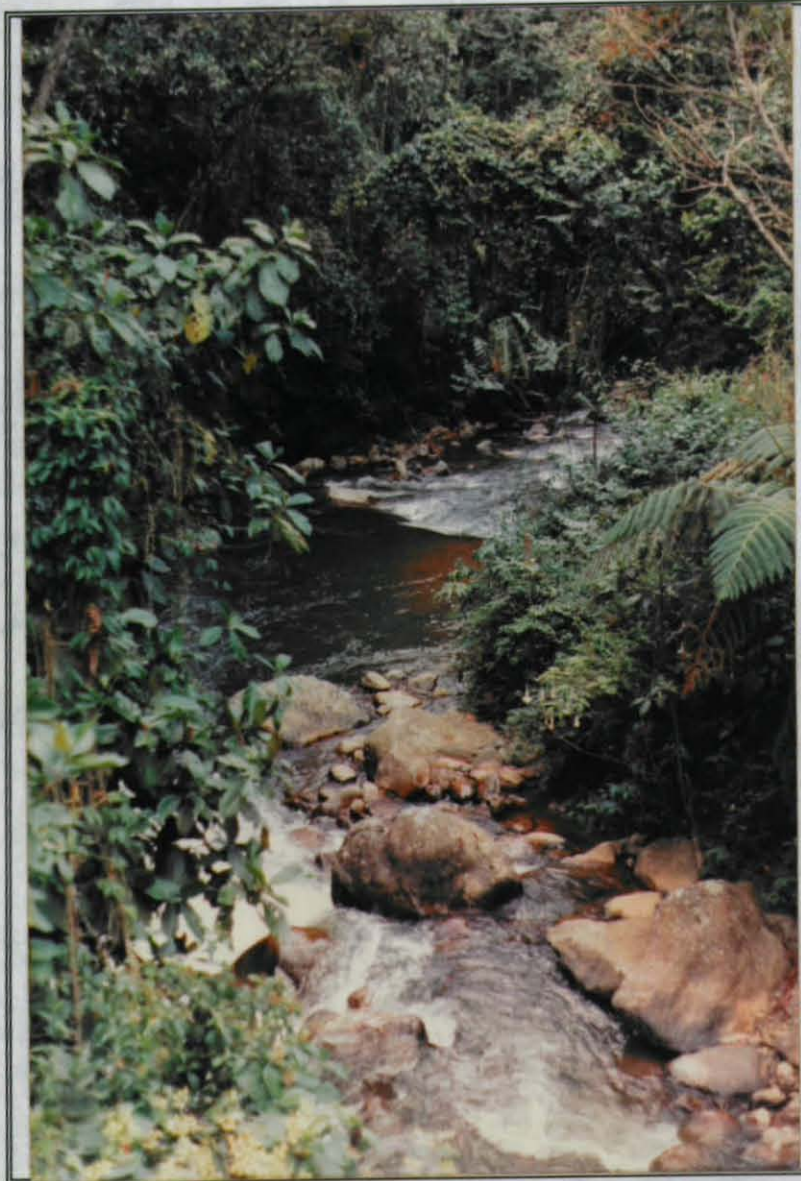




**FOTOGRAFIA P 5**

Se muestra la subcuenca de la Quebrada La Castellana.





**FOTOGRAFIA P 6**

Quebrada Chorro de Plata, vista hacia aguas abajo cerca de la desembocadura al río Pance. Se puede observar la recuperación de las aguas antes ricas en capa rosa.





**FOTOGRAFIA P 7**

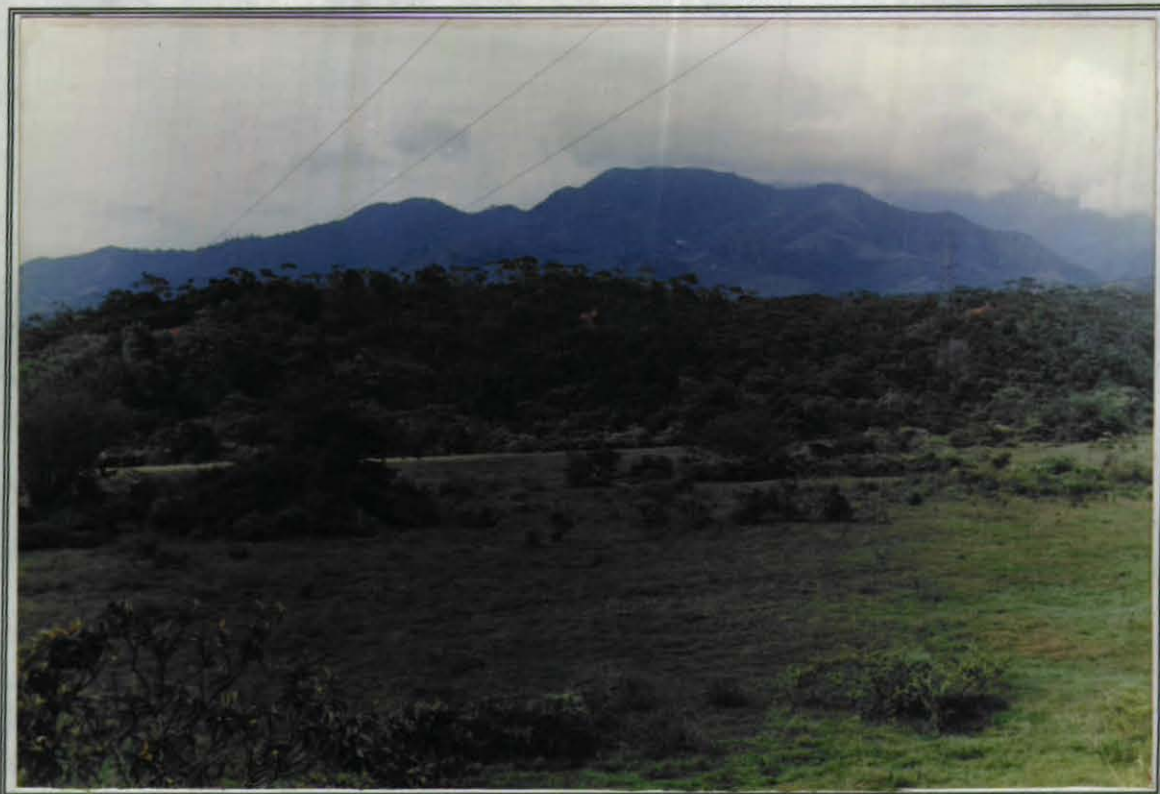
Quebrada Chorro de Plata, vista hacia aguas arriba de su desembocadura en el río Pance.



**FOTOGRAFIA P 8**

Depósitos del cono de Pance, vista hacia el norte. Al fondo la ciudad de Santiago de Cali.





**FOTOGRAFIA P 9**

Depósitos del cono de Pance, vista hacia el sur.



**FOTOGRAFIA P 10**

Erosión en los cerros de la cuenca del río que se alcanzan a apreciar desde la vía. Esta erosión se presenta en la margen derecha.





**FOTOGRAFIA P 11**

Erosión hacia la margen izquierda de la carretera hacia Pance, cerca a la Vorágine.



**FOTOGRAFIA P 12**

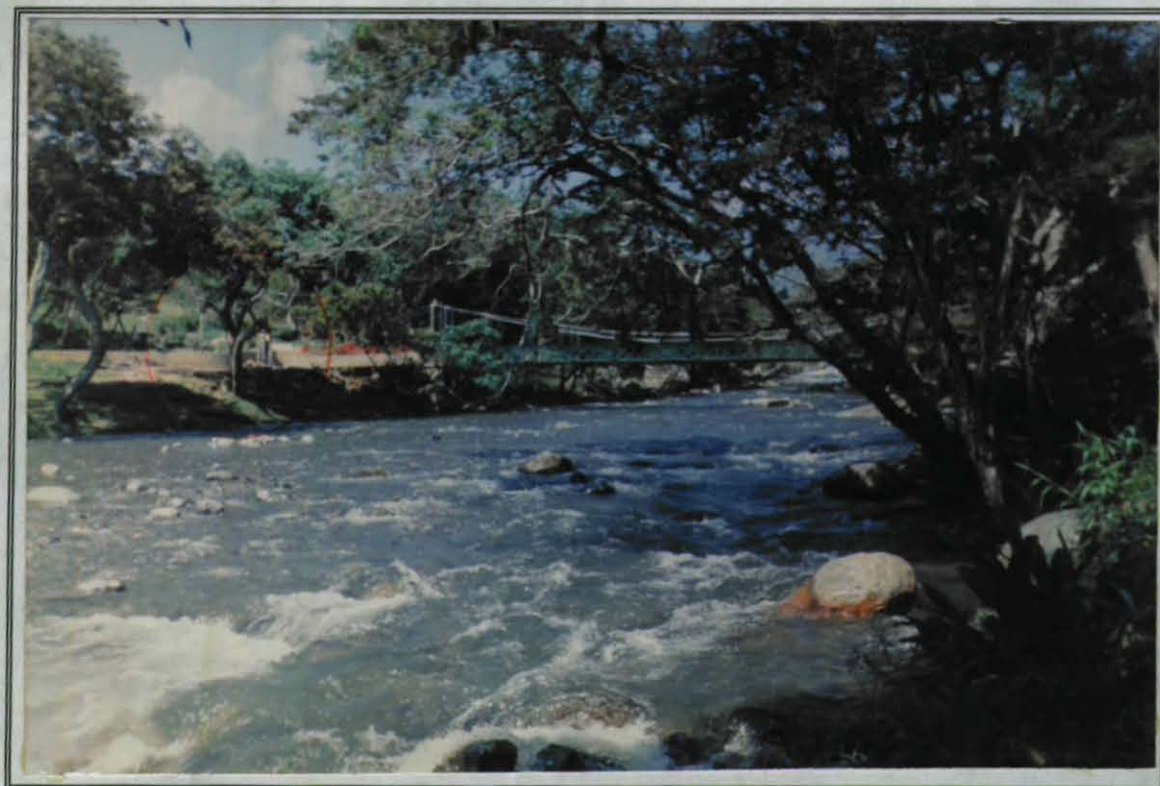
Gavión sobre la margen izquierda del río a la altura de La Playita.





**FOTOGRAFIA P 13**

Muro margen derecha del río, La Playita. Al fondo una casa sobre el lecho del río. Los terrenos están siendo ocupados por el río cuando sus aguas golpean contra el gavión desviándose hacia esta orilla.



**FOTOGRAFIA P 14**

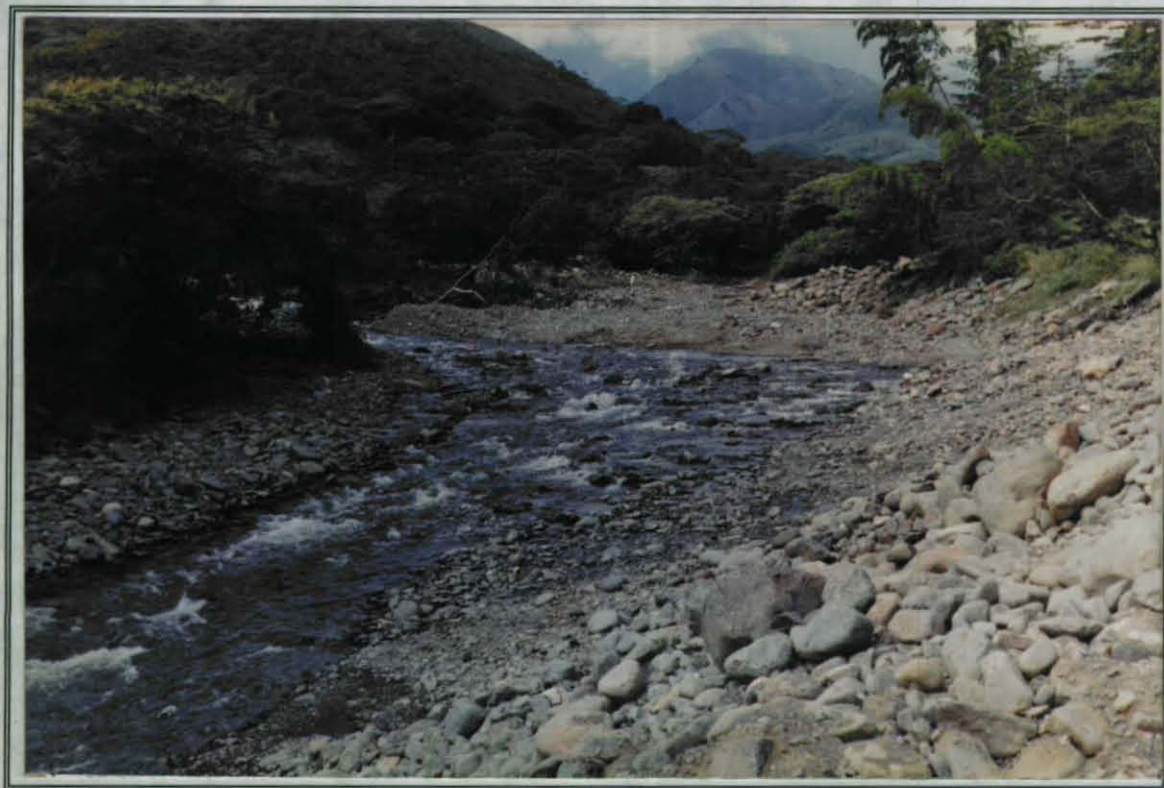
Vista aguas abajo del primer puente peatonal del Parque de la Salud. Sobre la margen derecha se observa ocupación y uso de la zona de protección del río.





**FOTOGRAFIA P 15**

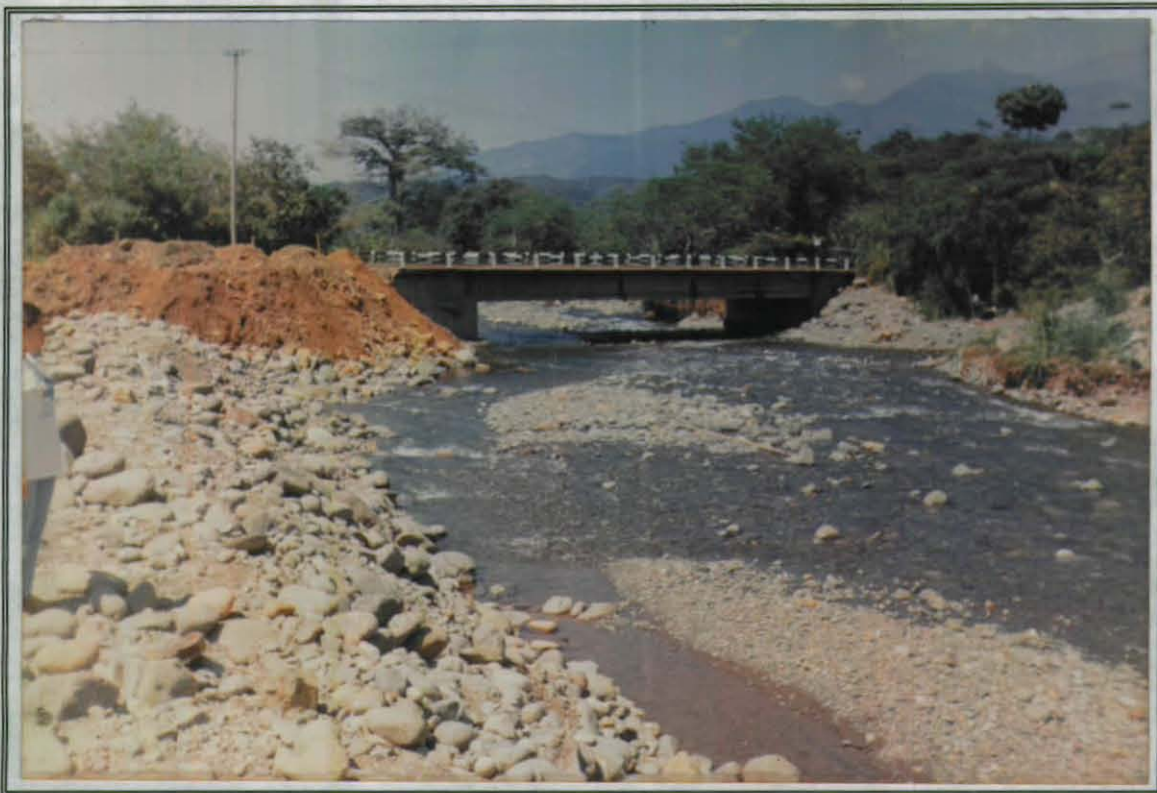
Vista aguas abajo de un puente del Parque de la Salud, las orillas no están aún invadidas por construcciones, su uso es recreativo.



**FOTOGRAFIA P 16**

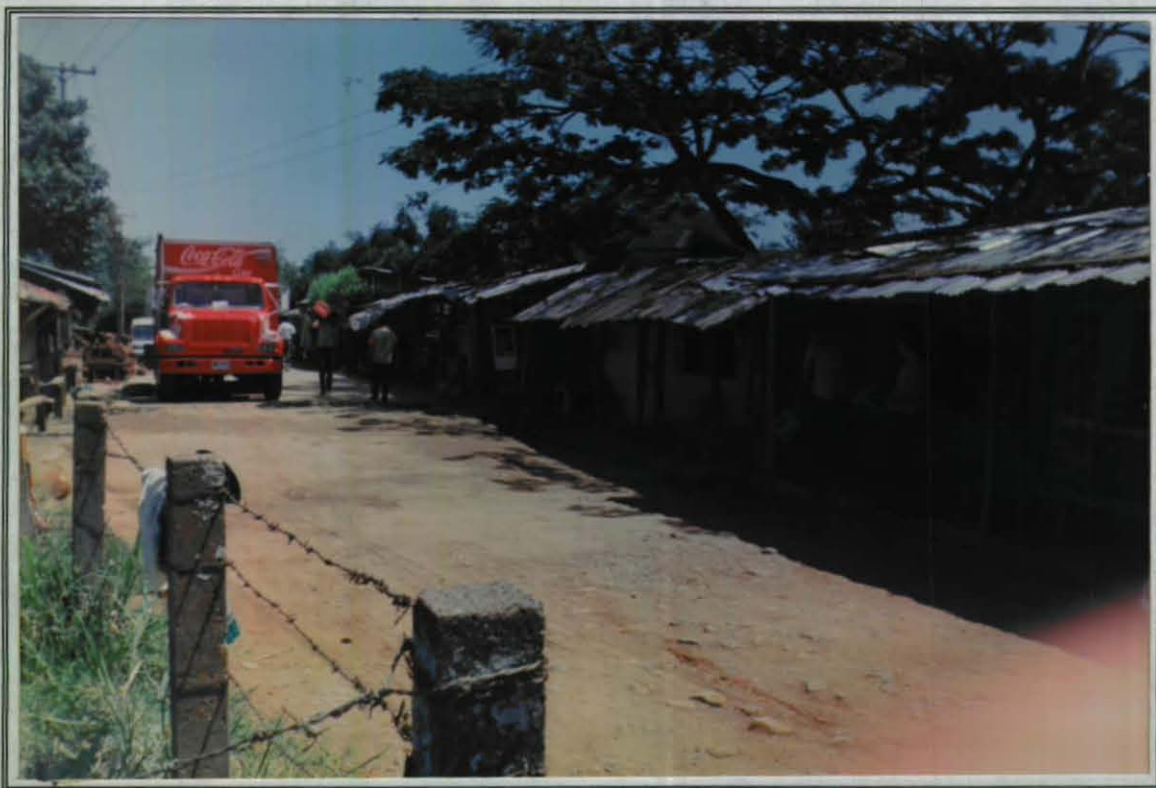
Material aluvial removido para corrección del curso del río y para aprovechamiento en obras civiles, sector del Parque de la Salud





✓ **FOTOGRAFIA P 17**

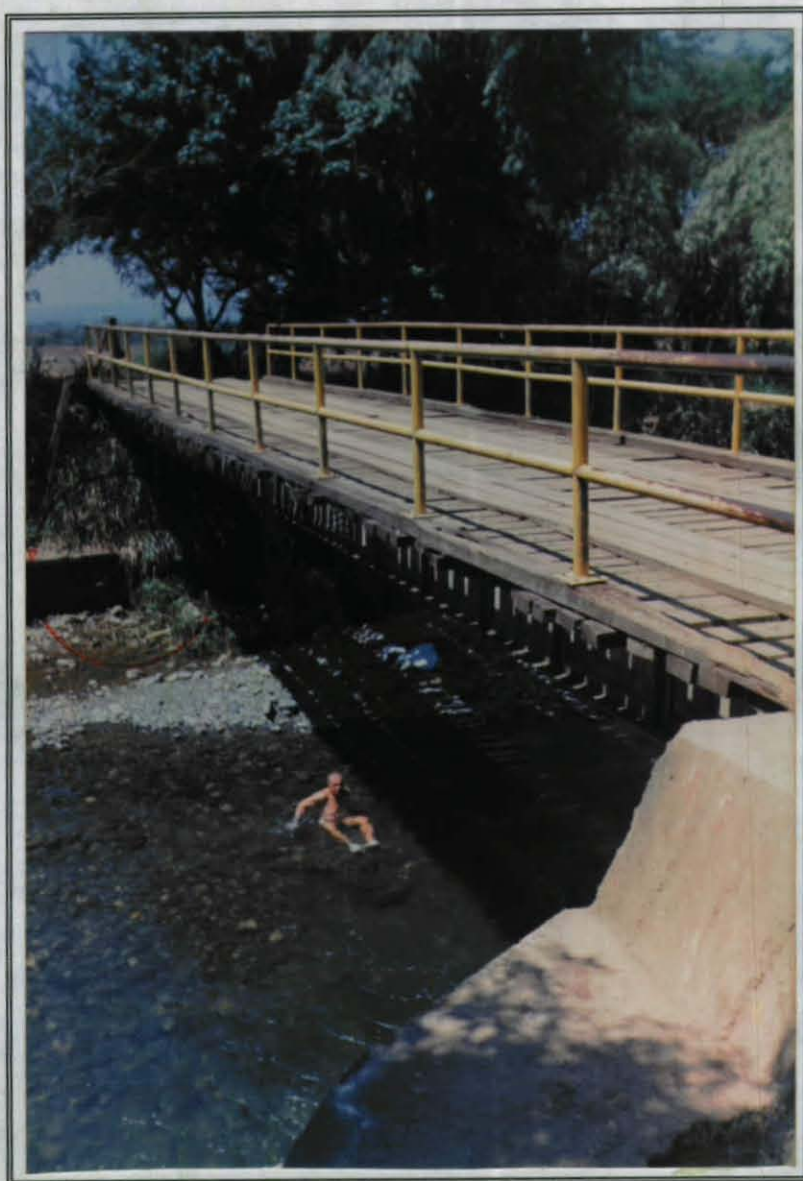
Puente que restringe gravemente el cauce del río al lado del Club del Deportivo Cali. Nótese el arrastre de material de las aguas.



✓ **FOTOGRAFIA P 18**

Asentamiento subnormal La Viga. Altamente vulnerable y con amenaza de inundación por ocupación de la franja de protección del río.





**FOTOGRAFIA P 19**

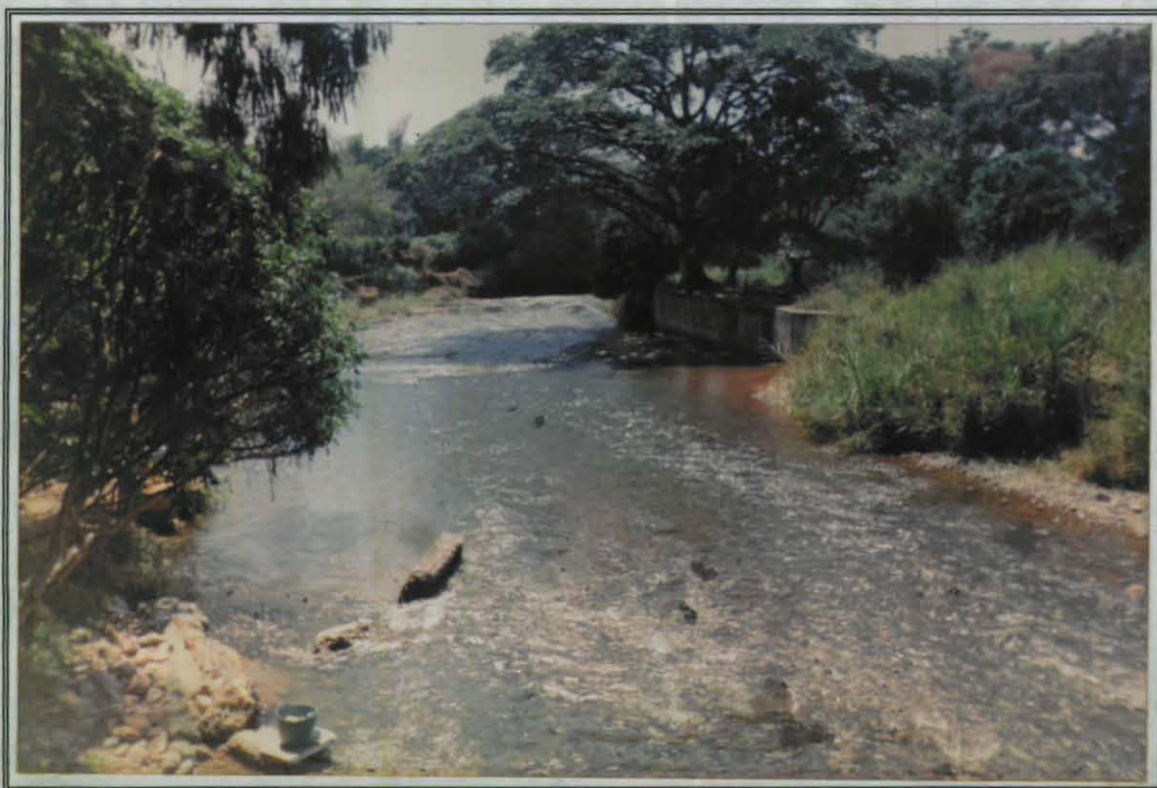
Puente de La Viga, se observa en el muro el nivel alcanzado por las aguas.





✓ FOTOGRAFIA P 20

Erosión de margen derecha del río en La Viga, alta probabilidad de inundación hacia la margen izquierda.



FOTOGRAFIA P21

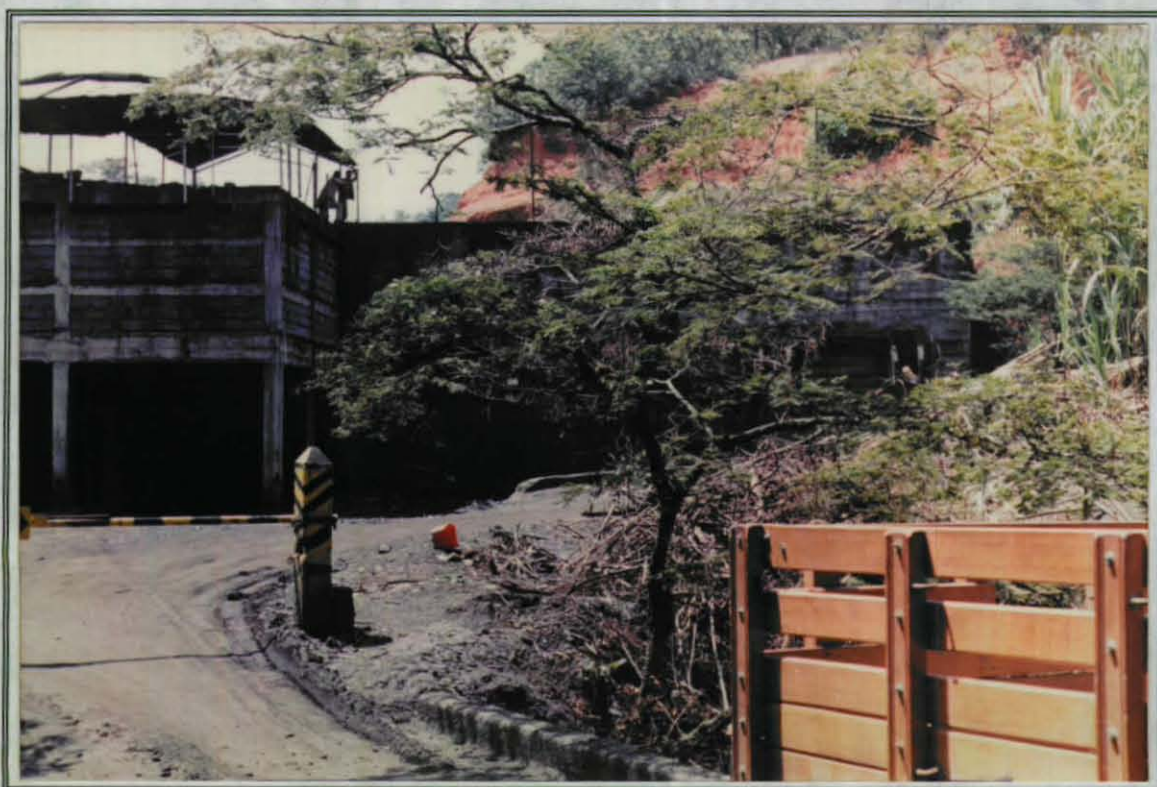
Vista aguas abajo del puente de La Viga, se observa la bocatoma hacia la sede del América,





**FOTOGRAFIA L1**

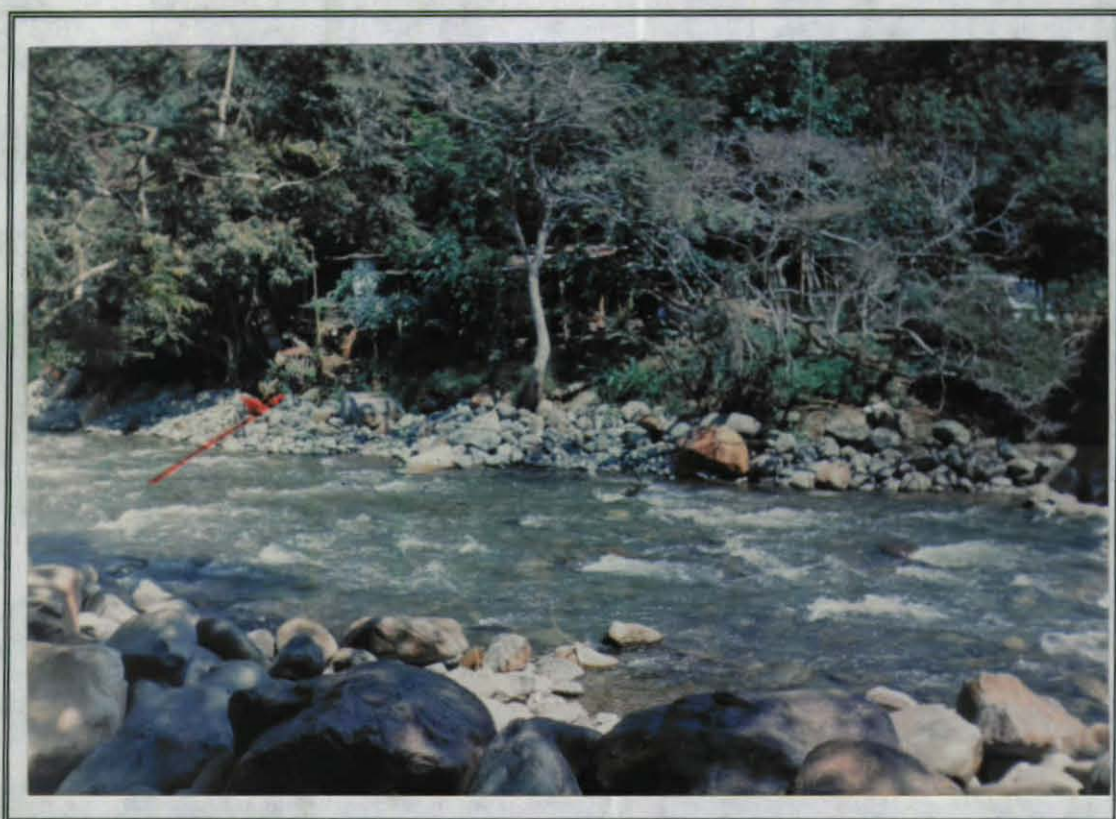
Río Lili. Vista hacia aguas arriba desde el puente de acceso a las minas de Cementos del Valle. Obsérvese la contaminación de las aguas del río por capa rosa proveniente de las betas de carbón. A la izquierda dispersión de escombros de la mina.



**FOTOGRAFIA L2.**

Estructura de la tolva de la mina en la zona protectora de aguas del río Lili





**FOTOGRAFIA P 22**

Invasión de la franja de protección derecha del río.



82

RIO LILI





**FOTOGRAFIA L3**

Cuenca del Río Lili. Carcavamientos en proceso de recuperación.  
Vista hacia el sur desde la vía la Riberita - El Carmelo.





✓ **FOTOGRAFIA L4A.**

Vista general del área inestable por la explotación del carbón. Cuenca del Río Lili.

✓ **FOTOGRAFIA L4B.**



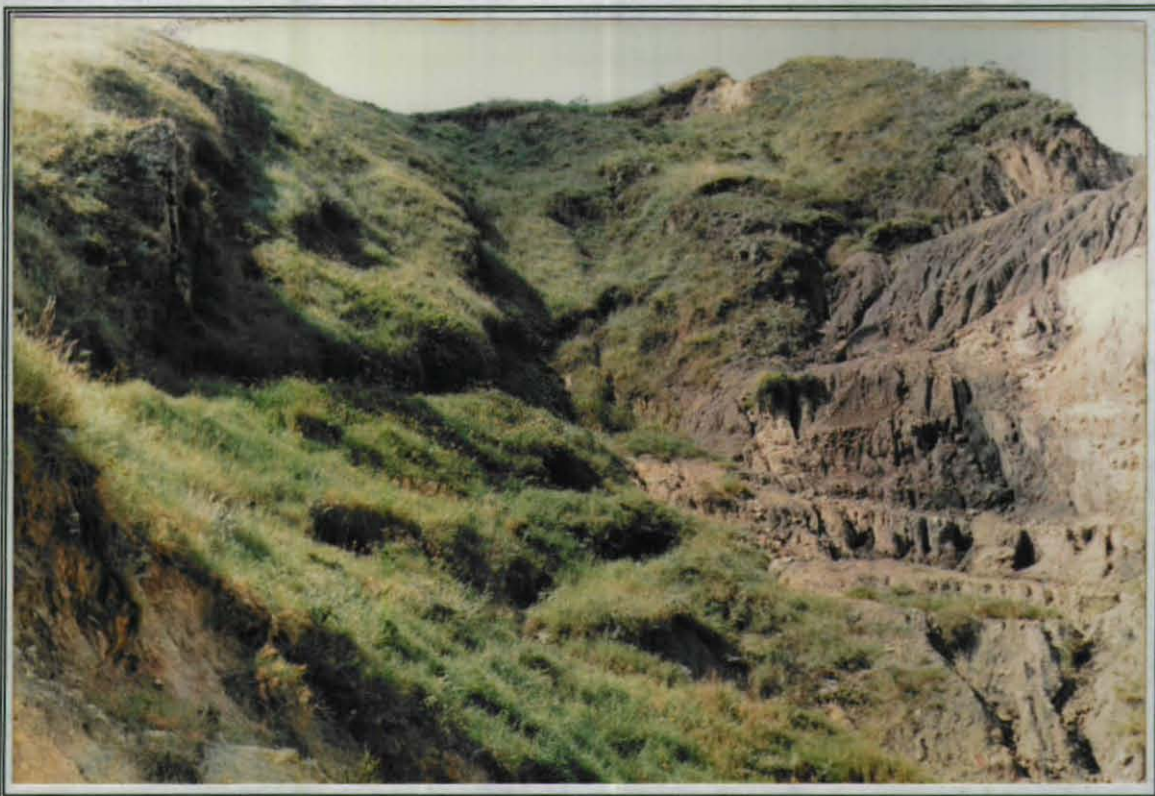




**FOTOGRAFIA L5**

Sitio en avanzado estado de erosión por la explotación del Carbón Cuenca del Río Lilli





**FOTOGRAFIA L6A.**

Sitios en avanzado estado de erosión por la explotación del Carbón. Cuenca del Río Lili.

**FOTOGRAFIA L6B.**

